

Sakari Montonen

Kiertoliittymien turvallisuus

Tiehallinnon selvityksiä 8/2008



TIEHALLINTO
VÄGFÖRVALTNINGEN

Sakari Montonen

Kiertoliittymien turvallisuus

Tiehallinnon selvityksiä 8/2008

ISSN 1457-9871
ISBN 978-952-221-028-9
TIEH 3201089

Verkkojulkaisu pdf (www.tiehallinto.fi/julkaisut)
ISSN 1459-1553
ISBN 978-952-221-029-6
TIEH 3201089-v

Edita Prima Oy
Helsinki 2008

Julkaisua myy/saatavana:
asiakaspalvelu.prima@edita.fi
Faksi 020 450 2470
Puhelin 020 450 011



Painotuote

Tiehallinto
Keskushallinto
Opastinsilta 12A
PL 33
00521 HELSINKI
Puhelinvaihte 0204 22 11

Sakari Montonen: Kiertoliittymien turvallisuus. Helsinki 2008. Tiehallinto, Keskushallinto. Tiehallinnon selvityksiä 8/2008, 70 s. + liitt. 12 s. ISSN 1457-9871, ISBN 978-952-221-028-9, TIEH 3201089.

Asiasanat: kiertoliittymät; liikenneturvallisuus; liikenneonnettomuudet; ennen-jälkeen-tutkimukset

Aiheluokka: 31

TIIVISTELMÄ

Suomessa oli kesällä 2007 noin 500 kiertoliittymää, joista hieman yli 200 oli maanteilla ja yli 250 kuntien katuverkolla. Työn tavoitteena oli saada kokonaiskuva maanteiden ja katujen kiertoliittymien turvallisuudesta, selvittää onnettomuusriskiin vaikuttavia tekijöitä erilaisissa kiertoliittymissä sekä arvioida kiertoliittymien turvallisuushyötyjä.

Tutkituissa maanteiden 193 kiertoliittymässä tapahtui tutkinta-aikana 372 onnettomuutta, joista hvj-onnettomuuksia oli 58. Katuverkon tutkituissa 89 kiertoliittymässä tapahtui 195 onnettomuutta, joista hvj-onnettomuuksia oli 28. Maantieverkon kiertoliittymien onnettomuusaste oli 0,26 ja henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien 0,04. Katuverkon liittymissä vastaavat luvut olivat 0,23 ja 0,04 sekä kaksikaistaisissa kiertoliittymissä 0,59 ja 0,05. Onnettomuusasteet eivät juuri ole muuttuneet vuonna 2000 tehdystä tutkimuksesta.

Yleisin onnettomuus kiertoliittymissä oli törmäys kiertotilaan liityttäessä. Suurin loukkaantuneiden joukko oli puolestaan pyöräilijät ja mopoilijat. Yli puolet pyörä- ja mopo-onnettomuuksista johti henkilövahinkoihin. Kaksikaistaisissa liittymissä onnettomuudet liittyivät usein kiertotilasta poistumisiin.

Pimeydellä todettiin olevan merkitystä kiertoliittymissä tapahtuneisiin onnettomuuksiin. Maantieverkon liittymissä 74 % kiertoliittymän rakenteisiin törmäyksistä tapahtuu pimeään aikaan. Myös alkoholioonnettomuudet olivat huomattavasti yleisempiä kiertoliittymissä verrattuna tavanomaisiin liittymiin.

Kiertoliittymien geometriasta löytyi viitteitä kohonneeseen riskiin joutua henkilövahinko-onnettomuuteen kiertoliittymissä, joissa läpiajolinjan kaarresäde on liian suuri. Liian suuren läpiajolinjan kaarresäteen aiheuttaa usein liian pieni kiertosaarekkeen halkaisija.

Ennen-jälkeen-tutkimuksen perusteella tavanomaisten liittymien muuttamista kiertoliittymiksi seurasi noin 50 % onnettomuuksien vähenemä, henkilövahinkoon johtaneissa onnettomuuksissa vähenemä oli vieläkin suurempi.

SUMMARY

There were almost 500 modern roundabouts in Finland at the end of summer 2007. A little over 200 of these were on national roads, and over 250 were on municipal streets. The aim of this study was to attain a general picture of the safety of these roundabouts, as well as to determine those factors affecting accident risk in different roundabouts and the safety benefits arising from roundabout conversions.

In the 193 roundabouts examined in this study, 372 accidents occurred on national roads, of which 58 resulted in personal injury. In the 89 roundabouts examined on municipal streets, 195 accidents occurred, 28 of which were injury accidents. The studied roundabouts on national roads had an accident rate of 0.26 and injury accident rate of 0.04. The corresponding figures for roundabouts on municipal streets were 0.23 and 0.04, and for roundabouts consisting of two-lane circulating roadway 0.59 and 0.05.

The most common accident type was due to failure to yield at entry. The group most likely to be injured in roundabouts were bicyclists and mopedists, with more than half of these accidents leading to injury. Accidents in two-lane roundabouts were often associated with vehicles exiting the circulatory roadway.

Darkness was found to be a significant factor contributing to accidents at roundabouts, with 74% of the collisions with roundabout structures on national roads taking place during the dark. Moreover, alcohol-related accidents more often occurred in roundabouts than in traditional intersections.

Injury accident risk was slightly greater in those roundabouts with smaller central island diameters, as this decreased the curvature of the lane and permitted vehicles to straighten their path through the circle.

A before-after study shows that converting traditional intersections into roundabouts was followed by a 50 % decrease in the number of accidents. This decrease was even greater for injury accidents.

ESIPUHE

Kiertoliittymien määrä on lisääntynyt jatkuvasti, ja Suomessa oli kesällä 2007 jo noin 500 kiertoliittymää. Kiertoliittymiä tehtiin 1990-luvulla lähinnä maanteille, mutta nykyisin suurin osa kiertoliittymistä sijaitsee jo katuverkolla. Maanteilla sijaitsevien kiertoliittymien ensimmäinen kattava turvallisuusselvitys julkaistiin vuonna 2000. Tässä työssä on analysoitu kiertoliittymien turvallisuutta Suomen tie- ja katuverkoilla 2000-luvulla ja kerätty kansainvälisiä kokemuksia kiertoliittymien turvallisuudesta. Tulosten perusteella analysoitiin kiertoliittymien turvallisuustilanne, -hyödyt ja -kehitys.

Kiertoliittymien turvallisuusselvityksen on tehnyt Sakari Montonen diplomityönä Tiehallinnon asiantuntijapalvelut -yksikössä. Ohjaajana työssä on toiminut tieinsinööri Ari Liimatainen Tiehallinnosta ja valvojana Professori Timo Ernvall Teknillisen korkeakoulun liikennelaboratoriosta.

Helsingissä maaliskuussa 2008

Tiehallinto
Asiantuntijapalvelut

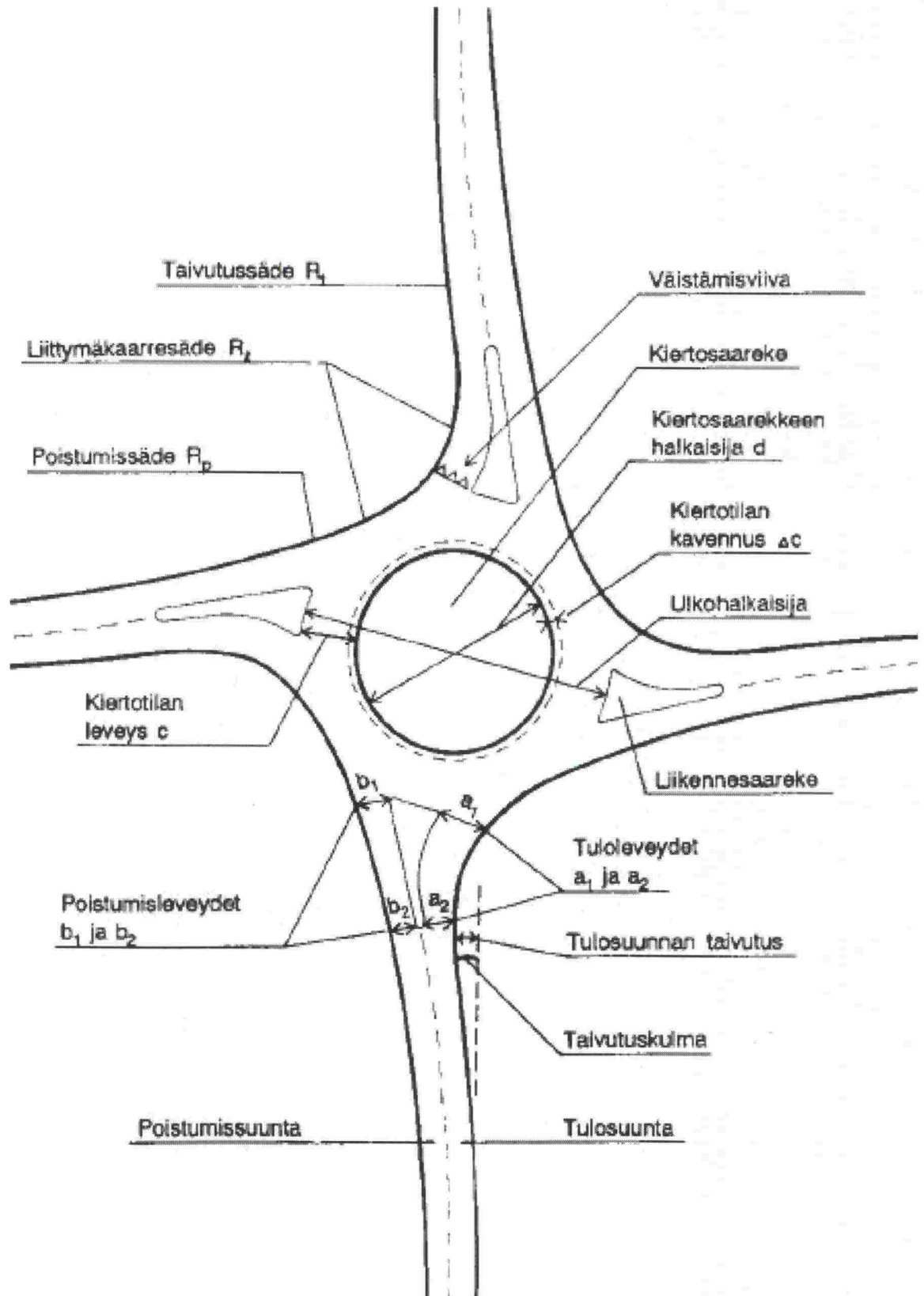
Sisältö

1	JOHDANTO	11
1.1	Tutkimuksen tausta	11
1.2	Tutkimuksen tavoite	11
1.3	Työn rakenne	11
2	KIERTOLIITTYMIEN TURVALLISUUSVAIKUTUKSET	13
2.1	Kiertoliittymän vaikutus liikenneturvallisuuteen	13
2.2	Kiertoliittymän vaikutus ajoneuvojen nopeuksiin	13
2.3	Vaikutukset konfliktipisteisiin	14
2.3.1	Yleistä	14
2.3.2	Moottoriajoneuvojen konfliktipisteet	15
2.3.3	Jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden konfliktipisteet	16
2.4	Vaikutukset onnettomuuksien määrään ja seurauksiin	17
2.5	Vaikutukset tienkäyttäjäryhmiin	18
2.5.1	Autoilijat kiertoliittymissä	18
2.5.2	Raskas liikenne kiertoliittymissä	18
2.5.3	Jalankulkijat kiertoliittymissä	19
2.5.4	Pyöräilijät kiertoliittymissä	19
3	KANSAINVÄLISET KOKEMUKSET	23
3.1	Yleistä	23
3.2	Ruotsi	24
3.3	Norja	25
3.4	Tanska	26
3.5	Belgia	27
3.6	Sveitsi	30
3.7	Saksa	31
3.8	Ranska	31
3.9	USA	33
4	HAASTATTELUT: ONGELMAT JA KEHITYSTARPEET	37
4.1	Yleistä	37
4.2	Kiertoliittymien ongelmat Suomessa	37
4.3	Kiertoliittymien kehitystarpeet Suomessa	38
5	TUTKIMUSAINEISTO JA MENETELMÄT	39
5.1	Tutkimusaineisto	39
5.1.1	Maantiet	39
5.1.2	Katuverkko	39

5.2	Menetelmät	40
5.2.1	Onnettomuusasteiden laskenta	40
5.2.2	Onnettomuustyyppien määrittely	41
5.2.3	Onnettomuusolosuhteet	43
5.2.4	Osalliset	44
5.3	Ennen - jälkeen-tutkimus	44
5.3.1	Aineisto	44
5.3.2	Ennen-jälkeen-tutkimuksen tilastollinen analyysi	44
6	TULOKSET	46
6.1	Maantiet	46
6.1.1	Onnettomuusasteet	46
6.1.2	Onnettomuustyyppit	46
6.1.3	Onnettomuusolosuhteet	48
6.1.4	Osalliset	50
6.2	Kadut	51
6.2.1	Onnettomuusasteet	51
6.2.2	Onnettomuustyyppit	52
6.2.3	Onnettomuusolosuhteet	53
6.2.4	Osalliset	54
6.3	Kaksikaistaiset kiertoliittymät	55
6.4	Kevyt liikenne	56
6.5	Kiertoliittymän koko ja muoto	57
6.6	Ennen-jälkeen-tutkimus	59
6.6.1	Onnettomuuksien määrät	59
6.6.2	Tilastollinen analyysi	60
7	VERTAILU	61
7.1	Vertailu Suomen aiempiin havaintoihin	61
7.2	Suomen tulosten vertailu muihin maihin	63
8	JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET	66
9	LÄHDELUETTELO	68
10	LIITTEET	70

KÄSITTEET

Alla olevassa kuvassa on esitetty kiertoliittymän keskeisimmät käsitteet:



1 JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen tausta

Kiertoliittymien määrä on Suomessa lähtenyt jyrkkään nousuun ja varsinkin kuntien katuverkoille on rakennettu kiertoliittymiä tiuhaan tahtiin. Kuntien katuverkoilla on yli 250 kiertoliittymää kaiken tyyppisillä kaduilla. Liikennemääriltään ne vaihtelevat, aivan pienimmistä liityntäkatujen kiertoliittymistä isoihin pääkatujen risteyksiin rakennettuihin kiertoliittymiin. Suurin osa kiertoliittymistä on nelihaaraisia ja viisihaaraisiakin on jo muutamissa kohdin.

Maanteillä on noin 200 kiertoliittymää. Liittymiä on rakennettu niin valtateille kuin yhdysteillekin. Liittymien toimivuus vaihtelee. Hyvin suunniteltuja kiertoliittymiä löytyy paljon, mutta vanhempien suunnitteluohjeiden mukaan suunnitelluissa kiertoliittymissä on havaittu jonkin verran puutteita.

Aiempien tutkimusten perusteella kiertoliittymät ovat pääsääntöisesti lisänneet liikenneturvallisuutta. Nimenomaan autolla ja kävellen liikkuneiden turvallisuus on parantunut. Pyöräilyn turvallisuuteen kiertoliittymien vaikutus on ollut vähäisempi ja toisinaan jopa olematon. Kiertoliittymien suunnittelu ja toteutus sisältävät paljon asioita, joihin voidaan kiinnittää erityistä huomiota ja lisätä entisestään liittymien turvallisuusvaikutusta.

Kiertoliittymien ongelmista on koettu tärkeimmäksi etenkin kevyen liikenteen turvallisuuteen liittyvät puutteet. Suurimmat epäkohdat ovat autonkuljettajien puutteellinen kevyen liikenteen huomioiminen ja liian suuret autojen ajonopeudet.

1.2 Tutkimuksen tavoite

Tutkimuksen tavoitteena on saada kattava kokonaiskuva kiertoliittymien turvallisuudesta Suomessa. Työssä analysoidaan kiertoliittymissä tapahtuneita onnettomuuksia ja arvioidaan tekijöitä, jotka vaikuttavat onnettomuuksien määrään ja seurauksiin. Tarkoituksena on saada onnettomuusanalyysiin materiaalia myös kuntien katuverkoilla olevista kiertoliittymistä ja näin pystyä vertaamaan katuverkkojen ja maanteiden kiertoliittymien turvallisuutta.

Tavoitteena on lisäksi selvittää kiertoliittymien turvallisuushyödyt, kun kiertoliittymillä on korvattu tavanomaisia liittymiä. Johtopäätöksiä vahvistamiseksi tutkimuksen tuloksia on tarkoitus verrata aikaisempiin suomalaisiin tuloksiin, kansainvälisiin tutkimuksiin ja suomalaisten liikennetekniikan asiantuntijoiden kokemuksiin.

1.3 Työn rakenne

Työn tavoitteiden saavuttamiseksi tutkimuksen keskeiset osa-alueet ovat:

- Teoriaosuus, jossa käsitellään kiertoliittymän turvallisuusvaikutuksien kannalta olennaisia tekijöitä. Osuudessa pyritään selittämään, miten kiertoliittymät liittymätyyppinä eroavat turvallisuusvaikutuksiltaan tavanomaisista liittymistä ja mitkä ovat keskeisimmät tekijät, jotka vaikuttavat kiertoliittymän turvallisuuteen ja liittymissä liikkuviin tienkäyttäjryhmiin.

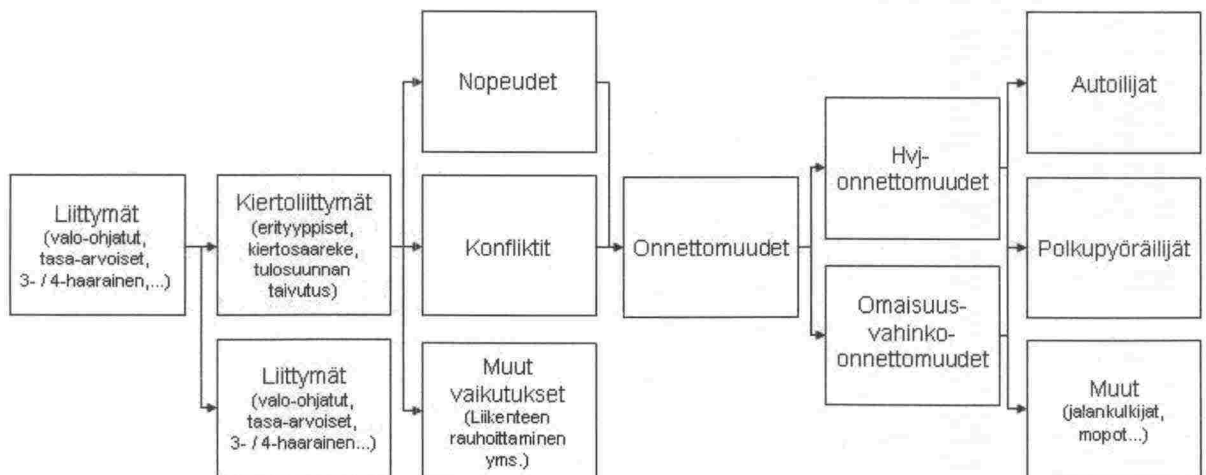
- Kansainvälinen kirjallisuustutkimus, jossa tutkitaan ulkomaisia lähteitä käyttäen kokemuksia kiertoliittymien turvallisuudesta maissa, joissa kokemuksia kiertoliittymistä on kertynyt laajemmalti. Osiossa kerätään eri maista tuloksia ja päätelmiä, joita verrataan tässä tutkimuksessa laskettuihin tuloksiin.
- Haastattelututkimus, jossa suomalaisilta liikennetekniikan ammattilaisilta on kysytty heidän mielipiteitään ja näkemyksiään kiertoliittymien keskeisimmistä turvallisuusongelmista ja kehitystarpeista.
- Kiertoliittymien onnettomuuksien analyysi, jossa analysoidaan maanteiden kiertoliittymissä ja kuntien katuverkkojen kiertoliittymissä tapahtuneita onnettomuuksia.
- Ennen-jälkeen-tutkimus, jossa arvioidaan tavanomaisten liittymien kiertoliittymiksi muuttamisen turvallisuushyödyt onnettomuuksien määrän ja seurauksien suhteen.
- Vertailu, jossa etsitään yhtäläisyyksiä ja ristiriitaisuuksia kansainvälisiin havaintoihin verrattuna ja selvitetään kiertoliittymien turvallisuuden kehitystä Suomessa.
- Päätelmät, jossa esitetään keskeisimmät havainnot tutkimuksesta ja pohditaan tutkimuksen kannalta keskeisiä ongelmakohtia ja tarkkuutta.

2 KIERTOLIITTYMIEN TURVALLISUUSVAIKUTUKSET

2.1 Kiertoliittymän vaikutus liikenneturvallisuuteen

Kiertoliittymien vaikutukset liikenneturvallisuuteen ovat jaettavissa kahteen eri ryhmään, vaikutuksiin ajoneuvojen nopeuksissa ja vaikutuksiin liittymän käyttäjien välisissä konflikteissa (FWHA 2000). Lisäksi kiertoliittymillä on muita vaikutuksia, kuten taajamaliikenteen rauhoittaminen.

Kiertoliittymien vaikutukset liikenneturvallisuuden kannalta voidaan kuvata kaavamaisesti tapahtumaketjuna (kuva 1). Liittymät jaetaan tässä yhteydessä kiertoliittymiin ja tavanomaisiin "muihin liittymiin". Kiertoliittymien toteutustapoja on useita riippuen käyttötarkoituksesta, joten liittymien geometriset ominaisuudetkin vaihtelevat suuresti muun muassa kiertosaarekkeen koon, tiemerkintöjen, kaistamäärien ja kevyen liikenteen järjestelyiden suhteen. Liittymätyyppinä kiertoliittymä vaikuttaa liittymäalueen nopeuksiin ja konfliktipisteisiin. Vaikutukset nopeuksiin ja konfliktipisteisiin ovat yhdistettävissä vaikutuksiin onnettomuuksien määrissä. Onnettomuuksien seuraamukset ovat jaettavissa karkeasti henkilövahinko-onnettomuuksiin ja omaisuusvahinko-onnettomuuksiin. Kiertoliittymät muuttavat myös onnettomuustyyppiä ja kaunaa ja onnettomuuksiin osallisten jakaumaa, joten turvallisuusvaikutukset ovat erilaisia eri tienkäyttäjärühmien kesken. (Daniels, Wets 2002.)

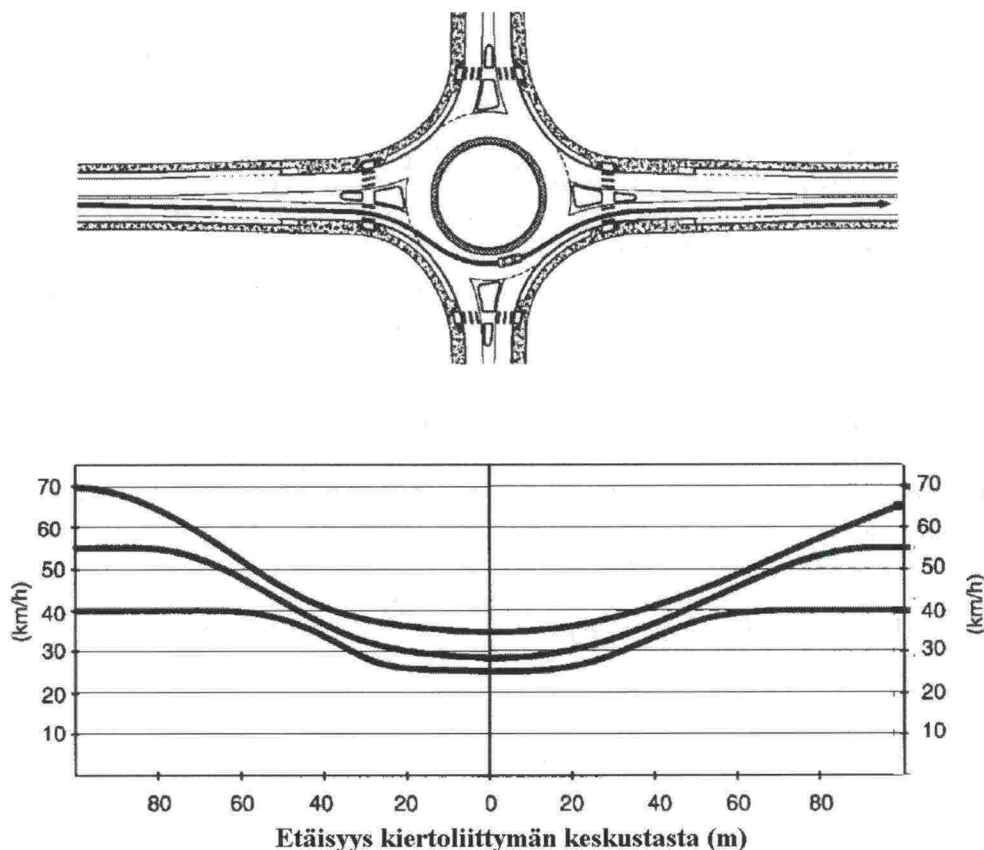


Kuva 1 Kiertoliittymän liikenneturvallisuusvaikutukset tapahtumaketjuna (soveltaen Daniels, Wets 2002).

2.2 Kiertoliittymän vaikutus ajoneuvojen nopeuksiin

Kiertoliittymät pakottavat lähestyvät ajoneuvot vähentämään nopeuttaan. Tästä johtuen kuljettajilla on paremmat edellytykset huomioida muut liittymän käyttäjät, lisäksi ajoneuvojen nopeudet kiertotilassa ovat alempia ja lähempänä toisiaan. Tästä seuraa mahdollisten onnettomuuksien vakavuusasteen pieneneminen nopeuserojen pienentyessä (FWHA 2000). Ruotsalaisen tutkimuksen mukaan käytetyillä ajonopeuksilla kiertoliittymissä on liikennemäärän ohella suurin merkitys tapahtuvien onnettomuuksien määrään. Nopeuden yhteys loukkaantuneiden määrään on vielä tätäkin suurempi (Brüde ja

Larsson 1999). Kuvassa 2 on esitetty nopeusprofiili kompaktille taajamassa olevalla yksikaistaiselle kiertoliittymälle eri tieverkon nopeustasoilla; 70 km/h, 55 km/h ja 40 km/h (FWHA 2000).



Kuva 2 Kompaktin yksikaistaisen kiertoliittymän nopeusprofiilit eri nopeustasoilla (soveltaen FWCA 2000).

2.3 Vaikutukset konfliktipisteisiin

2.3.1 Yleistä

Liittymissä tapahtuneiden onnettomuuksien määrät riippuvat liittymän konfliktipisteiden ja näissä risteävien liikennevirtojen määrästä. Konfliktipiste on piste, jossa kaksi liikennevirtaa risteää, yhtyy tai erkanee. Liikennevirtoja liittymissä muodostavat moottoriajoneuvot, kevyen liikenteen kulkuvälineet ja jalankulkijat. Konfliktipisteet voidaan jakaa kolmeen eri kategoriaan vakuusasteen perusteella (FWHA 2000.):

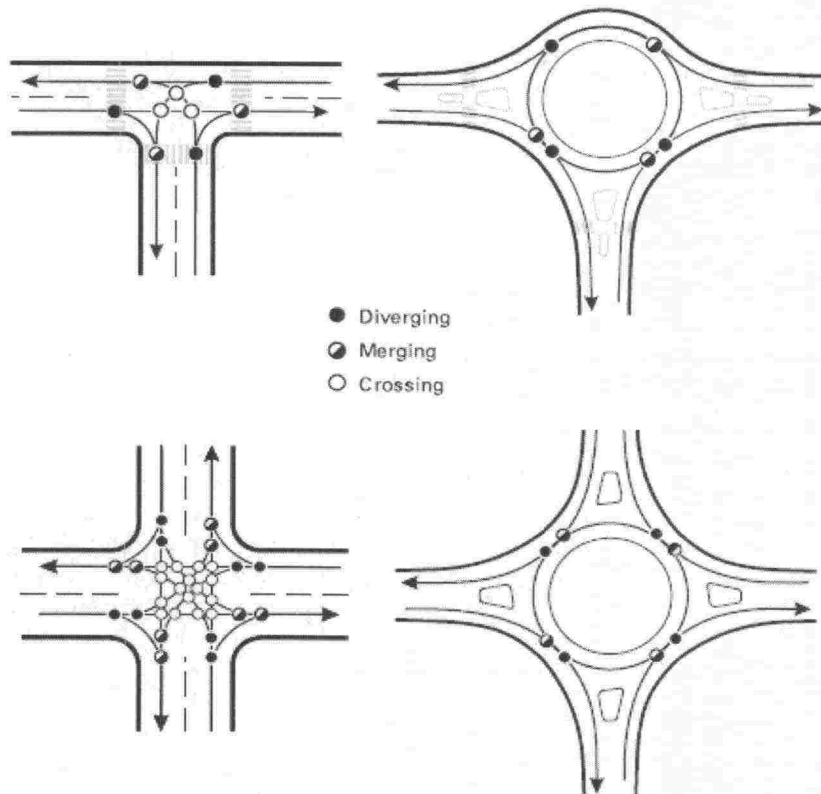
- Saman ajosuunnan konfliktit
- Liittymis- ja erkanemiskonfliktit
- Risteämis- ja kohtaamiskonfliktit

Kiertoliittymissä myös liikennesaarekkeisiin ja keskisaarekkeeseen muodostuu mahdolliset konfliktipisteet, edellä mainittujen lisäksi. Saman ajosuunnan konfliktit muodostuvat samaan suuntaan eri nopeuksilla ajavien ajoneuvojen peräänajoista. Näistä aiheutuvat onnettomuudet ovat yleensä seu-

rauksiltaan lievimpiä ajoneuvojen lähes samansuuntaisen nopeuden vuoksi ja lisäksi ajoneuvot ovat yleensä parhaiten suojattuja edestä ja takaa. Liittymis- ja erkanemiskonfliktit ovat luonteeltaan yleensä kylkiosumia, jotka aiheutuvat kahden liikennevirran yhtymisestä tai erkanemisesta. Vakavuusasteeltaan nämä ovat hieman vakavampia johtuen erisuuntaisista nopeuksista ja siitä, että ajoneuvot ovat heikommin suojattuja kyljestä. Risteämis- ja kohtaamiskonfliktit ovat vakavuusasteeltaan vakavimpia. (FWHA 2000.)

2.3.2 Moottoriajoneuvojen konfliktipisteet

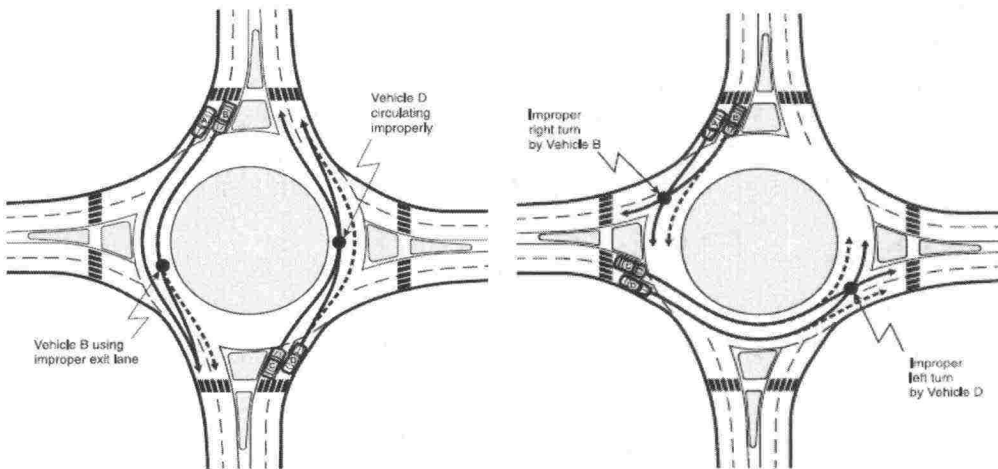
Kiertoliittymät vähentävät ja muuttavat moottoriajoneuvojen konfliktipisteitä. Tavalliseen nelihaaraiseen liittymään verrattuna nelihaarainen yksikaistainen kiertoliittymä vähentää ajoneuvojen konfliktipisteitä 32:sta 8:aan ja tavalliseen kolmihaaraiseen liittymään verrattuna 9:stä 6:een (kuva 3). Kiertoliittymät karsivat varsinkin loukkaantumisalttiimpien onnettomuuksien, kuten kohtaamis- ja risteämisonnettomuuksien, mahdollisuudet tehokkaasti pois. (FWHA 2000.)



Kuva 3 Moottoriajoneuvojen konfliktipisteet kiertoliittymissä ja tavanomaisissa liittymissä (FWHA 2000).

Kaksikaistaiset kiertoliittymät vaikuttavat liikenneturvallisuuteen samaan tapaan kuin yksikaistaisetkin. Niissä tosin esiintyy ajoneuvojen välisiä konfliktipisteitä, joita ei yksikaistaisissa kiertoliittymissä esiinny (kuva 4). Nämä konfliktipisteet aiheutuvat ajosääntöjen vastaisesta kaistojen käytöstä ja poistumisista kiertotilan sisemmältä kaistalta. (FWHA 2000.)

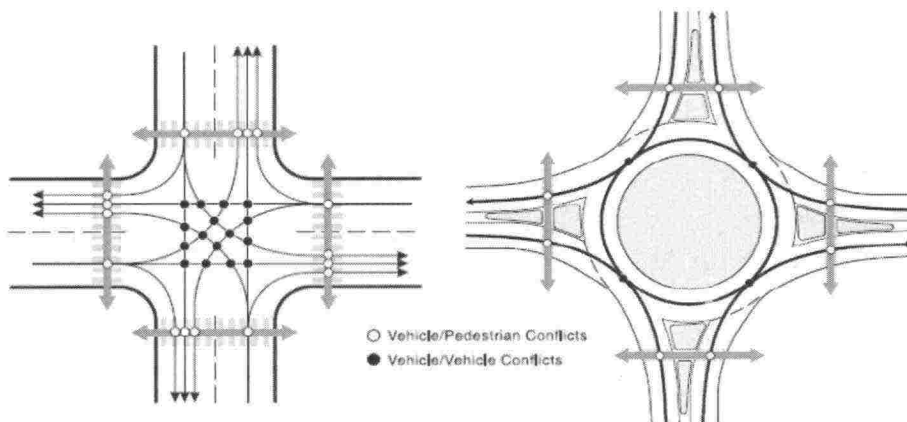
Kaksikaistaiset kiertoliittymät ovat yleensä myös suurempia, jolloin niissä käytettävät nopeudet nousevat ja lisäävät riskiä kevyen liikenteen osalta. Kevyt liikenne onkin suositeltavaa ohjata kaksikaistaisissa kiertoliittymissä eri tasoon (Tiehallinto 2001).



Kuva 4 Kaksikaistaisten kiertoliittymien konfliktipisteet (FWHA 2000).

2.3.3 Jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden konfliktipisteet

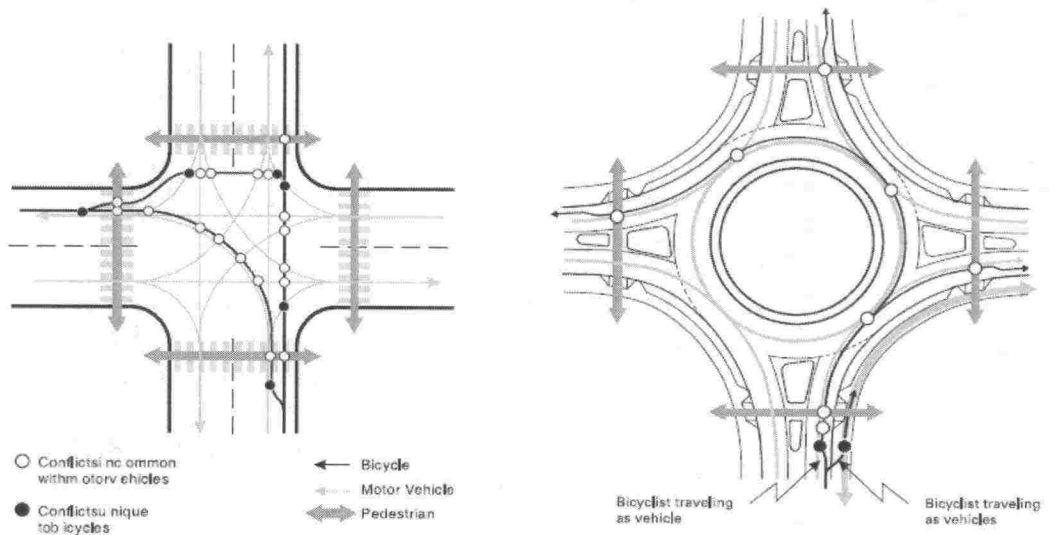
Jalankulkijoiden konfliktit yksikaistaisissa kiertoliittymissä tapahtuvat joko kiertoliittymään yhtenä liikennevirtana saapuvien tai sieltä yhtenä liikennevirtana poistuvien ajoneuvojen kanssa (kuva 5). Jalankulkijoille konfliktit ovat paremmin ennakoitavissa tavanomaiseen liittymään verrattuna, jossa konfliktipisteitä muodostuu myös liittymässä kääntyvien liikennevirtojen kanssa. Kaksikaistaisissa kiertoliittymissä jalankulkijoille muodostuvat konfliktipisteet molemmille kiertoliittymän saapumis- ja poistumiskaistoille. (FWHA 2000.)



Kuva 5 Jalankulkijoiden konfliktipisteet kiertoliittymissä ja tavanomaisissa liittymissä (FWHA 2000).

Pyöräily kiertoliittymissä voidaan hoitaa monenlaisin ratkaisuin. Eri maissa suositetaan erilaisia ratkaisuja kiertoliittymissä. Suomessa pyöräilijät pyritään pitämään poissa kiertotilasta, kun esimerkiksi Tanskassa on tavallista, että pyöräilijöille on erotettu oma kaistansa kiertotilassa. Isoissa kiertoliittymissä kevyt liikenne pyritään hoitamaan kokonaan eri tasossa.

Pyöräilijöiden konfliktit tavanomaisissa liittymissä, joissa ei ole erillisiä pyöräiteitä, ovat verrattavissa osin ajoneuvojen konflikteihin. Pyöräilijät kuitenkin ajavat ajoradan oikeassa reunassa. Tällöin he altistuvat liittymäalueella myös muille konflikteille, esimerkiksi oikealla kääntyvien autojen kanssa, kun he jatkavat itse suoraan. Tavanomaisiin liittymiin verrattuna pyöräilijöiden konfliktipisteet riippuvat siitä, miten pyöräily on ohjattu kiertoliittymässä (kuva 6). Erillisiä pyöräiteitä käytettäessä polkupyöräilijöiden konfliktipisteet ovat jalankulkijoiden konfliktipisteiden kaltaisia. (FWHA 2000.)



Kuva 6 Polkupyöräilijöiden konfliktipisteet tavanomaisissa liittymissä ja kiertoliittymissä (FWHA 2000).

2.4 Vaikutukset onnettomuuksien määrään ja seurauksiin

Kiertoliittymien vaikutuksista onnettomuuksien kokonaismäärään on saatu ristiriitaisia tuloksia. Eräät ennen-jälkeen-tutkimukset ovat osoittaneet omaisuusvahinkoihin johtaneiden onnettomuuksien lisääntyneen (Elvik 2002). USA:sta saadut kokemukset viittaavat siihen, että osassa vilkkaimmista monikaistaisista kiertoliittymistä (yli 20 000 ajon./vrk) omaisuusvahinko-onnettomuusasteet ovat suurempia kuin vastaavissa valo-ohjatuissa liittymissä (Nambisan, Parimi 2007). Toisaalta löytyy kansainvälisiä tutkimuksia, joissa on todettu myös onnettomuuksien kokonaismäärän pienentyneen merkittävästi kiertoliittymän liikenteelle avaamisen jälkeen (Persaud 2000, Elvik 2002, Brabander ym. 2005).

Suuri osa ennen-jälkeen-tutkimuksista viittaa henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien määrän voimakkaaseen vähenemiseen kiertoliittymien käyttöönoton jälkeen. Merkittävimmin näiden tutkimusten mukaan ovat vähentyneet vakaviin loukkaantumisiin ja kuolemiin johtaneet onnettomuudet. (Elvik 2002, Persaud ym. 2000, Wets 2002.)

Kiertoliittymien yleistymisen vaikutuksia onnettomuuksien määriin ja vakavuusasteisiin eri maissa käsitellään tarkemmin tämän tutkimuksen luvussa 3.

2.5 Vaikutukset tienkäyttäjyryhmiin

2.5.1 Autoilijat kiertoliittymissä

Autoilijoiden turvallisuutta kiertoliittymissä lisää paitsi nopeuksien alhaisuus ja homogeenisuus myös onnettomuustyyppijakauman muutos tavanomaisiin liittymiin verrattuna. Suurin osa autoilijoiden onnettomuuksista on lieviä peltikolareita, koska kiertoliittymä karsii tehokkaasti pois vakavammat kohtaamis- ja risteämisonnettomuudet. Yleisimmät autoilijoiden onnettomuudet liittyvät kiertoliittymään saapuvan ja kiertotilassa ajavan auton törmäyksiin.

Autoilijoiden kannalta tavallisten liittymien kiertoliittymiksi muuttamisen hyödyt ovat tavallisesti suurempia maaseutualueilla, koska maaseutualueiden teillä nopeakäyttörajoitukset ovat suurempia kuin taajamissa. Tämä lisää riskiä suistumisonnettomuuksiin ja kiertosaarekkeeseen törmäämiseen kiertoliittymissäkin, mutta näiden onnettomuuksien vakavuusaste on yleensä huomattavasti pienempi kuin vastaavissa paikoissa tavanomaisissa liittymissä suurilla nopeuksilla tapahtuvat risteämisonnettomuudet.

Osalle kuljettajista ajosäännöt ovat saattaneet olla epäselviä, ja etenkin kevyen liikenteen väistäminen on puutteellista monella kuljettajalla. Kiertoliittymään saavuttaessa liian suuri huomion keskittyminen vasemmalle heikentää oikealta saapuvan kevyen liikenteen havaittavuutta. Myös mielikuva, että kiertoliittymästä lähdetessä ei tarvitse enää väistää ketään, heikentää kevyen liikenteen turvallisuutta autojen poistuessa kiertoliittymästä.

2.5.2 Raskas liikenne kiertoliittymissä

Raskaan liikenteen edustajilla miellettiin olevan kiertoliittymiä kohtaan hyvin negatiivisia asenteita ennen liittymien yleistymistä. Vuonna 2000 julkaistussa raskaan liikenteen kuljettajien haastattelussa kuitenkin 62 % kuljettajista suhtautui kiertoliittymiin positiivisesti ja kokemuksen karttuessa asenne muuttui edelleen positiivisemmaksi. (Rahman 2000.)

Samassa tutkimuksessa tutkittiin raskaan liikenteen ajokäyttäytymistä kymmenessä kiertoliittymässä. Turvallisuuden kannalta olennaisimpia olivat nopeat ja ajolinjat kiertoliittymässä. Kiertotilassa käytetty nopeus riippui suoraan kiertotilan leveydestä ja läpiajosäteestä. Keskisaarekkeen suurempi halkaisija johti raskaalla liikenteellä alhaisempiin nopeuksiin (tutkituissa liittymissä $d = 16\text{--}40\text{m}$), koska yhdessä sisääntulon taivutuksen kanssa kiertosaareke johtaa pienempään läpiajolinjan kaarresäteeseen. (Rahman 2000.)

Ongelmia raskaalle liikenteelle aiheuttivat liukkaus, kevyempien ajoneuvojen kuljettajien ajokäyttäytyminen ja liian ahdas geometria. Johtopäätöksenä kuitenkin kiertoliittymät todettiin raskaan liikenteen kannalta turallisiksi ja hyvin toimiviksi. (Rahman 2000.)

2.5.3 Jalankulkijat kiertoliittymissä

Kiertoliittymien nopeuksia alentavat vaikutukset karsivat jalankulkijoiden onnettomuuksia ja niiden vakavuutta. Kiertoliittymien liikennesaarekkeet jakavat suojatien kahtia ja antavat näin jalankulkijalla mahdollisuuden keskittyä havainnoimaan yhtä suuntaa kerrallaan. Lisäksi kiertoliittymillä on liikenneverkkoa rauhoittavia vaikutuksia, esimerkiksi taajamaan saavuttaessa. Useat kansainväliset tutkimukset viittaavat jalankulkijaonnettomuuksien merkittävään vähenemiseen, muun tyyppisiin liittymiin verrattuna. (FWHA 2000.)

Kiertoliittymät saattavat olla joillekin jalan liikkuville tienkäyttäjryhmille hankalampia käyttää kuin valo-ohjatut liittymät. Näkövammaisten on helpompaa liikkua valo-ohjatuissa liittymissä, joissa äänisignaali kertoo, milloin tienylitys on vihreän valon vallitessa turvallista. Näkövammaisten on tehtävä ratkaisu tien ylittämisestä pitkälti kuuloaistinsa perusteella. Koska kiertoliittymää lähestyvät autot hiljentävät nopeuttaan joka tapauksessa, on autot kuuloaistin perusteella vaikea erottaa kokonaan pysähtyvistä autoista. Samaten kiertoliittymästä poistuvat autot muodostavat suurempine nopeuksineen näkövammaisille riskitekijän, kun taas näkevä jalankulkija kommunikoi silmillään ja liikkeillään ajoneuvon kuljettajien kanssa. (Inman, ym. 2006.)

2.5.4 Pyöräilijät kiertoliittymissä

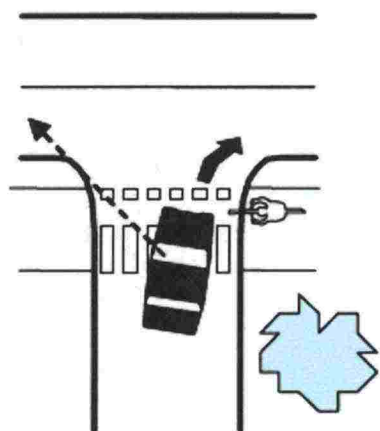
Kiertoliittymien turvallisuusvaikutuksista tehdyt tutkimukset ovat antaneet ristiriitaisia tuloksia pyöräilijöiden turvallisuuden kehityksestä. Eräät tutkimukset viittaavat mittavaankin pyöräilijöiden turvallisuuden paranemiseen, kun taas toisissa tutkimuksissa turvallisuus ei ole parantunut. Osaltaan tätä ristiriitaisuutta selittävät maakohtaiset erot kiertoliittymien pyöräilyjärjestelyjen toteutuksessa ja erot pyöräilykulttuurissa.

Kevyen liikenteen järjestelyt kiertoliittymissä vaihtelevat maa- ja liittymäkohtaisesti. Yleisimpiä järjestelyjä ovat erilliset pyörätiet kiertotilan ulkopuolella, pyöräkaistat kiertotilassa ja eritasoratkaisut (kuva 7). On myös useita kiertoliittymiä, joissa ei ole erillisiä kevyen liikenteen järjestelyjä. Ruotsissa tehdyn tutkimuksen mukaan turvallisimassa samassa tasossa autoliikenteen kanssa kulkeva ratkaisu on erillinen pyörätie kiertotilan ulkopuolella (Brude, Larsson 1999).



Kuva 7 Erilaisia kevyen liikenteen ratkaisuja kiertoliittymissä.

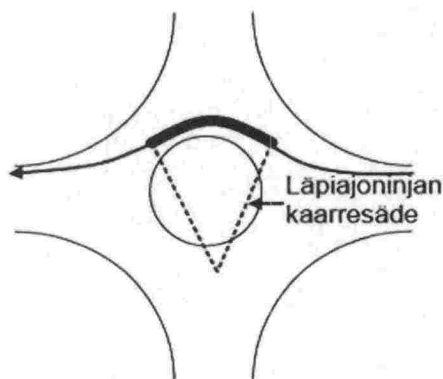
Toisaalta pyöräilijöiden turvallisuuteen kiertoliittymissä vaikuttavat eniten ajoneuvojen ajokäyttäytyminen ja nopeudet. Ruotsissa tehtiin kiertoliittymään saapuvien ajoneuvojen väistämiskäyttäytymistä tutkiva konfliktitutkimus (Hallberg, Novak 2005). Sen perusteella saatiin viitteitä siitä, että ajoneuvot huomaavat ja väistävät pyöräilijöitä paremmin kiertoliittymissä, joissa pyöräilijät ohjataan kiertotilaan. Tämä johtuu siitä, että kiertoliittymää lähestyvien ajoneuvojen kuljettajien huomio kiinnittyy usein ajoneuvosta katsottuna vasemmalle (kuva 8). Tätä kutsutaan ns. oikealle kääntyvän auton ongelmaksi (Pasanen 2005). Tällöin kiertotilassa ajava pyöräilijä on helpompi huomata, koska hän tulee samasta suunnasta kuin ajoneuvot, joita kiertoliittymään saapuvan auton on väistettävä. Kiertoliittymissä, joissa on erilliset pyörätiet, on ajoneuvojen kuljettajien jaettava huomiointia myös oikealta lähestyviin pyöräilijöihin (Hallberg, Novak 2005).



Kuva 8 Oikealla kääntyvän auton ongelma (Pasanen 2005).

Väistämiskäyttäytymistä kiertoliittymissä selvittää myös Mikko Räsänen ja Heikki Summalan (2000) tutkimus autoilijoiden huomiokyvyn kiinnittymisestä pyöräilijöihin pohjoismaisissa kiertoliittymissä. Tämän mukaan n. 14 % autoilijoista "unohti" katsoa oikealle ajaessaan kiertoliittymään. Tämä johti siihen, että autoilijat väistivät paremmin ajosuunnassaan vasemmalta tulleita pyöräilijöitä. Pyörätien sijainnilla on myös merkitystä siihen, kuinka hyvin autoilijat huomaavat lähestyvät pyöräilijät ja väistävät niitä. Kiertoliittymät, joissa pyörätiet olivat lähellä kiertotilaa (0-2 m) pyöräilijöiden turvallisuus oli autoilijoiden huomioinnin kannalta parempi. Kiertoliittymissä, joissa pyörätiet olivat yli kuuden metrin päässä kiertotilasta, alle puolet kuljettajista väisti lähestyvää pyöräilijää. (Räsänen, Summala 2000.)

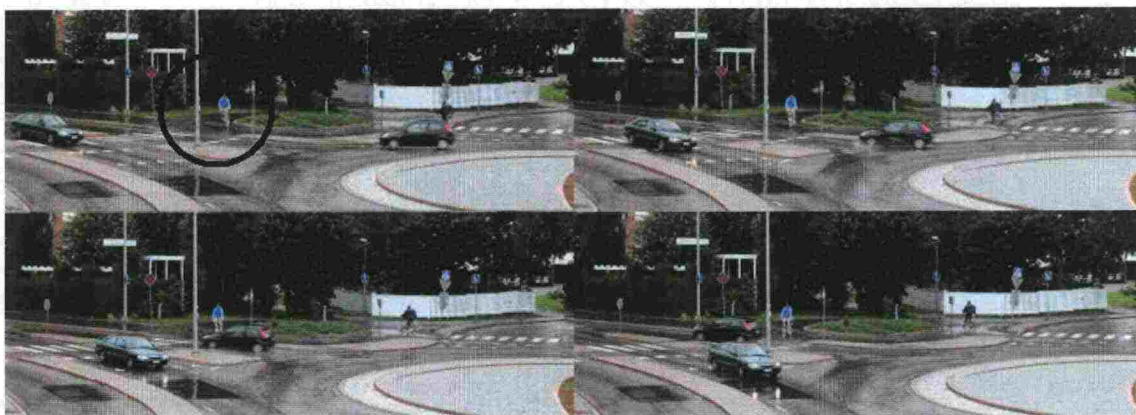
Edellä mainittujen lisäksi kiertoliittymän geometrisillä ominaisuuksilla todettiin olevan merkitystä pyöräilijöiden turvallisuuteen. Pyöräilijöille turvallisuudessa kiertoliittymässä tulisi olla tarpeeksi pieni ajoneuvojen läpiajolinjan kaarresäde (kuva 9), jotta nopeudet pysyisivät tarpeeksi alhaisina. Tärkeää on myös, että yliajettava osa olisi sellainen, että sen yli ei ajeta henkilöautoilla. Varsinkin taajama-alueilla, joissa kiertosaarekkeiden halkaisijat ovat kohtuullisen pieniä (<20 m), saattavat ajoneuvojen sisäänajonopeudet olla liian suuria. Liian terävä liittymiskulma johtaa kuitenkin muihin liikenneturvallisuutta haittaaviin tekijöihin ja liian suuri kiertosaareke johtaa puolestaan suurempiin ajoneuvojen nopeuksiin kiertotilassa sekä kiertoliittymästä lähdettäessä. (Räsänen, Summala 2000.)



Kuva 9 Kiertoliittymän läpiajolinjan kaarresäde on joissain taajamien kiertoliittymissä suuri.

Joissain kiertoliittymissä tien ylittävä pyörätien jatke on varsin kaukana kiertotilasta. Ideana tällaisessa suunnittelussa on ns. kaksiosainen lähestyminen, jolloin kuljettaja keskittyy ensin väistämään pyöräliikennettä ja sen jälkeen muuta kiertoliittymässä ajavaa moottoriliikennettä. Väistämiskäyttäytymisen kannalta tämän tyyppinen ratkaisu toimii Räsänen ja Summala tutkimuksen (2000) perusteella huonommin pohjoismaissa. Syynä saattaa olla pyöräilykulttuurin erot. Kiertoliittymissä, joissa on paljon polkupyöräliikennettä, ajoneuvojen kuljettajat tottuvat väistämään pyöräilijöitä paremmin. (Räsänen, Summala 2000.)

Ajosäännöt kiertoliittymissä saattavat edelleen olla epäselviä osalle kuljettajista. Autojen kuljettajilla saattaa olla käsitys, ettei heidän tarvitse väistää enää kiertotilasta lähtiessään ketään (kuva 10). Kiertoliittymään tuleva autoilija tulee liittymään kärkikolmion takaa, joka tarkoittaa väistämisvelvollisuutta koko risteyksessä. Kiertoliittymästä lähdettäessä on väistettävä suojatiellä tai pyörätien jatkeella liikkuvia. Tiehallinnon kenttätutkimuksessa useimmissa tapauksissa kiertotilasta poistuva autoilija ei väistänyt pyörätien jatketta ajanutta polkupyöräilijää. (Innamaa 1995.)



Kuva 10 Kiertoliittymästä poistuva autoilija ei väistä pyöräilijää, vaan kiihdyttää ulos kiertotilasta.

3 KANSAINVÄLISET KOKEMUKSET

3.1 Yleistä

Ympyränmuotoiset alueet ilmestyivät kaupunkikuvaan jo kauan ennen auto-liikennettä. Näiden keskelle sijoitettiin patsaita, suihkulähteitä ja muita nähtävyyksiä. Aluksi vähäisen ja hitaan liikenteen oli sallittua kulkea ympyröiden läpi molempiin suuntiin. Ensimmäinen käytännön sovellus yksisuuntaisesta liikenneympyrästä lienee ollut William Phelps Enon toteuttamana Columbus Circle New Yorkissa 1904. Ranskassa ensimmäinen yksisuuntainen liikenneympyrä Place de l'Etoile toteutettiin vuonna 1907 Eugène Hénardin aikaansaamana. (NCHRP 1998.)

Brittiläiset liikenneinsinöörit kehittivät idean modernista kiertoliittymästä 1950-luvulla. Liittymään saapuvien väistämisvelvollisuus astui voimaan brittiläisissä kiertoliittymissä 1966. Siitä alkaen kiertoliittymien suunnittelu on muuttunut suurista ympyröistä kompakteihin kiertoliittymiin. (NCHRP 1998.)

Ranskalaiset havaitsivat kiertoliittymien edut 70-luvulla ja niiden suosio liittymäratkaisuna alkoi kasvaa tällöin. Kiertoliittymät ovat yleistyneet eurooppalaisilla tie- ja katuverkoilla 80-luvun loppupuolelta näihin päiviin tiheällä tahdilla. Esimerkiksi Ranskassa on nykyään arviolta jo n. 30 000 kiertoliittymää, ja kasvuvauhti on ollut yli 1000 kiertoliittymän vuosivauhtia. (Guichet 2005.)

USA:ssa kiertoliittymiä on vain joitakin satoja. Tämä saattaa johtua negatiivisista kokemuksista erityyppisistä vanhoista liikenneympyräratkaisuksista, jotka oli rakennettu 1900-luvun alkupuoliskolla. Vähitellen kiertoliittymien onnistunut implementointi Euroopan tieverkoilla on huomattu USA:ssakin ja kiertoliittymät ovat alkaneet yleistyä. (Nambisan, Parimi 2007.)

Maissa, joissa kiertoliittymiä on ollut jo vuosikymmeniä, on saatu paljon kokemuksia liittymien vaikutuksista liikenneturvallisuuteen. Elvik (2002) analysoi 28 tutkimusta, jotka raportoitiin vuosina 1975–1997 Yhdysvaltojen ulkopuolella. Tutkimukset vaihtelivat yksinkertaisista ennen-jälkeen-tutkimuksista tutkimuksiin, joissa otettiin huomioon onnettomuuksien kehityksen yleinen trendi ja onnettomuuslukujen regressiovaikutus. Huomattavaa on, että kaikki näissä tutkimuksissa tutkituista liittymistä eivät välttämättä täytä enää kaikkia moderneille kiertoliittymille vaadittavia kriteerejä.

Näistä tutkimuksista tehtyjen analyysien perusteella päästiin seuraaviin johtopäätöksiin (Elvik 2002):

- Tavanomaisten liittymien muuttamisen kiertoliittymiksi todettiin vähentävän loukkaantumisiin johtaneita onnettomuuksia arviolta 30 - 50 %.
- Kiertoliittymät vähentävät onnettomuuksien vakavuutta. Kuolemaan johtaneet onnettomuudet vähenivät arviolta 50 - 70 %.
- Kiertoliittymien vaikutus omaisuusvahinko-onnettomuuksiin on epävarmaa ja vaihtelee tutkimuskohtaisesti paljon.
- On viitteitä siitä, että liittymien muuttaminen kiertoliittymiksi vähentää loukkaantumisiin johtaneita onnettomuuksia enemmän nelihaarisissa risteyksissä kuin kolmihaarisissa. Valo-ohjatun liittymän muuttaminen kiertoliittymäksi puolestaan vähentää loukkaantumisiin johtaneita onnet-

tomuuksia vähemmän kuin valo-ohjaamattoman liittymän muuttaminen. Tulokset tältä osin olivat kuitenkin vain suuntaa-antavia.

- Löydettiin myös viitteitä siitä, että kiertosaarekkeen koolla on merkitystä loukkaantumisiin johtaneiden onnettomuuksien onnettomuusasteeseen. Pieni kiertosaareke näyttää johtavan pienempiin henkilövahinko-onnettomuusasteisiin. Tätä riippuvuutta ei ole löydetty kuitenkaan kaikissa tutkimuksissa.

Seuraavissa kappaleissa on käsitelty maakohtaisesti kokemuksia kiertoliittymien turvallisuudesta.

3.2 Ruotsi

Ruotsissa vuonna 1999 julkaistussa tutkimuksessa tutkittiin liikenneturvallisuutta 182 kiertoliittymässä. Kiertoliittymät oli rakennettu ennen vuotta 1997 ja tutkimuksen onnettomuusaineisto oli vuosilta 1994 -1997. Onnettomuusaineisto perustui poliisin tietoon tullessiin onnettomuuksiin. Suurin osa liittymistä oli nelihaaraisia. Liikennemääriltään noin puolet liittymistä ylitti 10 000 saapuvaa ajoneuvoa vuorokaudessa. (Brüde Larsson 1999a.)

Liittymissä oli tapahtunut 456 onnettomuutta, joista 17 oli johtanut vakaviin ja 93 lieviin loukkaantumisiin. Yksikään ei ollut johtanut kuolemaan. Kaikkien onnettomuuksien onnettomuusasteet vaihtelivat 3-haaraisten kiertoliittymien 0,12–0,14 *onnettomuudesta/miljoona saapuvaa ajoneuvoa* 4-haaraisten kiertoliittymien 0,16–0,25 *onnettomuuteen/miljoona saapuvaa ajoneuvoa* riippuen haarojen nopeusrajoituksista. Henkilövahinko-onnettomuusaste vaihteli nopeusrajoituksesta riippuen 3-haarisissa kiertoliittymissä välillä 0,02–0,04 *hvj-onn./miljoona saapuvaa ajon.* ja 4-haarisissa kiertoliittymissä välillä 0,04–0,08 *hvj-onn./miljoona saapuvaa ajon.* (Brüde Larsson 1999a.)

Tutkimuksessa tutkittiin myös nopeuksien vaikutusta onnettomuuksien määrään. Tuloksena todettiin, että onnettomuuksien määrä on suoraan verrannollinen mitattuihin nopeuksiin kiertoliittymissä. Nopeuksien vaikutus onnettomuuksissa loukkaantuneiden määrään oli vieläkin suurempi. Onnettomuusasteeseen ja henkilövahinkojen määrään vaikuttivat niin nopeudet kiertotilassa kuin ympäröivän tieverkon nopeusrajoitukset. Onnettomuusasteilla oli myös heikko korrelaatio liikennemäärien kanssa. (Brüde Larsson 1999a.)

Vuonna 1997 julkaistussa tutkimuksessa tutkittiin kiertoliittymien turvallisuutta 36 kiertoliittymässä, jotka sijaitsivat korkeilla nopeusrajoitusalueilla (90 km/h tai 110 km/h joillakin ympäröivän tieverkon haaroilla). Tutkimuksessa ei pystytty osoittamaan, että kyseisillä nopeusrajoitusalueilla kiertoliittymien onnettomuusasteet eroaisivat merkittävästi alemmilla nopeusrajoitusalueilla olevien kiertoliittymien onnettomuusasteista. (VTI 2006.)

Vuoden 1999 tutkimuksessa analysoitiin myös jalankulkijoiden ja polkupyöräilijöiden onnettomuudet erikseen. Mukaan otettiin 72 kiertoliittymää, joissa oli vähintään 100 polkupyöräilijää vuorokaudessa. Näissä liittymissä oli tapahtunut yhteensä 67 polkupyöräonnettomuutta, joista 10 johti vakavaan loukkaantumiseen ja 48 lievään loukkaantumiseen. Jalankulkijoiden onnettomuuksia tapahtui 15, joista yksi johti kuolemaan, 2 vakavaan loukkaantumiseen ja 10 lieviin loukkaantumisiin. (Brüde Larsson 1999b.)

Polkupyöräonnettomuudet olivat jakaantuneet hyvin epätasaisesti; 52 kiertoliittymässä ei ollut tapahtunut yhtään polkupyöräonnettomuutta, kun taas kahdeksassa kiertoliittymässä oli tapahtunut 48 polkupyöräonnettomuutta. Näistä kahdeksasta viisi oli kaksikaistaisia kiertoliittymiä ja kolmessa polkupyöräilijät ohjattiin kiertotilaan erillisten pyöriteiden puuttuessa. (Brüde Larsson 1999b.)

Ongelmia polkupyöräilijöiden kannalta ei havaittu liittymissä, joissa liikennemäärät olivat moottoriajoneuvojen osalta alle 10 000 ajon./vrk ja alle 1000 polkupyöräilijää vuorokaudessa. Suuremmilla liikennemäärillä kiertosaarekkeen säteen tulisi olla yli 10 m ja pyöräilijät tulisi ohjata erillisille pyöriteille. Kaksikaistaisissa kiertoliittymissä tapahtui selkeästi enemmän polkupyöräonnettomuuksia kuin yksikaistaisissa, vaikka liikennemäärät olivat samansuuruisia. Kiertoliittymät olivat tutkimuksen mukaan jalankulkijoille turvallisia. (Brüde Larsson 1999b.)

3.3 Norja

Norjassa vuonna 2000 julkaistussa tutkimuksessa tutkittiin 22 tavanomaisen liittymän kiertoliittymäksi muuttamisen vaikutuksia liikenneturvallisuuteen. Ennen-jälkeen-tutkimus tehtiin käyttäen vertailuaineistoa, jolla saatiin kontrolloitua liikennemäärän muutokset, onnettomuuksien määrän yleinen muutos ja onnettomuuslukujen regressiovaikutus. Hvj-onnettomuuksien määrä väheni vuosina 1991–1995 muutetuissa liittymissä 34,5 % muutoksen ollen tilastollisesti merkitsevä. (Odberg 2000.)

Ennen-tilanteessa 6 % liittymien onnettomuuksista oli vakaviin loukkaantumisiin johtaneita tai kuolemaan johtaneita onnettomuuksia. Jälkeen-jaksolla kuolemaan johtaneita tai vakavia onnettomuuksia ei esiintynyt. Risteävien ajosuuntien onnettomuudet olivat vähentyneet n. 50 % ja peräänajot n. 30 %. Vastaavasti tieltä suistumiset ja polkupyöräilijöiden onnettomuudet olivat lisääntyneet. Jalankulkijoiden onnettomuudet olivat sen sijaan vähentyneet melkein 70 %. (Odberg 2000.)

Onnettomuusasteet Norjassa ovat vaihdelleet tutkimuskohtaisesti. Odbergin tutkimuksessa (2000) 33 tutkitun kiertoliittymän henkilövahinko-onnettomuusaste oli 0,10 hvj-onn./miljoona saapuvaa ajon, kun aikaisemmissa tutkimuksissa onnettomuusasteeksi oli saatu 0,02 - 0,05 hvj-onn./miljoona saapuvaa ajon. Aikaisemmat tutkimukset ovat vuosilta 1990 ja 1992. Norjassa kiertoliittymien onnettomuuksista noin 30 % tapahtuu kiertoliittymän tulosuunnassa ja noin 20 % onnettomuuksista on peräänajoja. Yksittäisonnettomuuksia on ollut noin 27 %.

Taulukko 1 Norjan onnettomuusasteita eri tutkimuksista (Odberg 2000; Liimatainen, Pentti 2000).

		Norja 1990	Akershus 1992	Vestfjold 2000
Hvj-onnettomuus	3-haarainen	0,03	0,03	0,10
	4-haarainen	0,05	0,02	0,10
	Kaikki	0,04	0,03	0,10
Aineellinen onnettomuus		1,10	1,00	

3.4 Tanska

Tanskan tielaitos julkaisi vuonna 2002 raportin Tanskan kiertoliittymien turvallisuudesta. Onnettomuusmateriaali oli kerätty Tanskan tieinformaatiorekisteristä (Danish Road Information System VIS) vuosilta 1991–1996. Onnettomuudet, jotka oli määritelty tapahtuneiksi kiertoliittymissä, otettiin mukaan tutkimukseen. Näihin kuuluivat sekä henkilövahinkoihin että ainevahinkoihin johtaneet onnettomuudet. Yhteensä onnettomuuksia oli tapahtunut n. 900. (Jørgensen, Jørgensen 2002.)

Tuloksena laskettiin onnettomuusasteet luokiteltuina kiertoliittymän haarojen määrien mukaan, sekä sen mukaan, sijaitseeko kiertoliittymä taajamassa vai ei (taulukko 2). Kiertoliittymien henkilövahinko-onnettomuuksien onnettomuusaste oli kaikissa luokissa välillä 0,04 - 0,06 onnettomuutta/miljoona saapuvaa ajoneuvoa. Kaikkien onnettomuuksien onnettomuusaste oli kaikilla luokilla välillä 0,12–0,19 onnettomuutta/miljoona saapuvaa ajoneuvoa. (Jørgensen, Jørgensen 2002.)

Taulukko 2 Onnettomuusasteet Tanskassa (Jørgensen, Jørgensen 2002).

Kiertoliittymä	Taajamat (50 km/h)		Maaseutu (80 km/h)	
	Kaikki	Hvj-onn.	Kaikki	Hvj-onn.
3-haarainen	0,12	0,04		
4-haarainen	0,15	0,05	0,19	0,06
5-haarainen			0,14	0,04

Tulokset indikoivat onnettomuusasteen lievää pienenemistä verrattuna Tanskan edelliseen, vuosien 1985–1990 onnettomuudet käsittäneeseen tutkimukseen. Yksittäisonnettomuudet ovat yleisin onnettomuustyyppi maaseutualueilla ja moottoriajoneuvojen kuljettajat maaseudun kiertoliittymissä suurin loukkaantuneiden joukko. Taajama-alueiden loukkaantuneista suurin joukko on pyöräilijät. Pyöräilijät loukkaantuvat useimmiten törmätessään autoon auton saapuessa kiertoliittymään. (Jørgensen, Jørgensen 2002.)

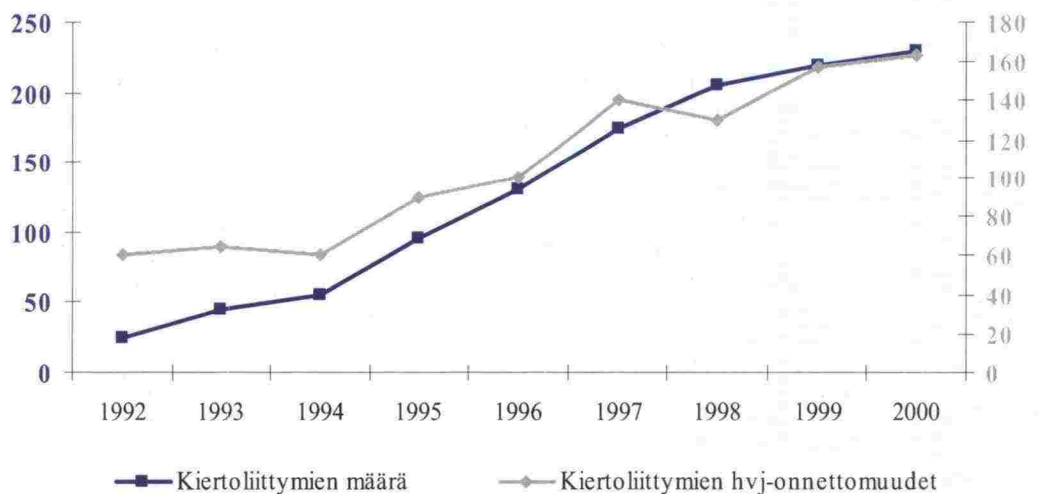
Pimeys on edelleen merkittävässä määrin vaikuttamassa onnettomuuksiin, mutta lievää kehitystä on tapahtunut verrattuna aiempiin tutkimuksiin. Tämä saattaa johtua siitä, että tanskalaiset ovat ajan kuluessa tottuneet paremmin kiertoliittymiin ja osaavat ajaa näissä paremmin. (Jørgensen, Jørgensen 2002.)

Tutkimuksessa tutkittiin myös kiertoliittymien geometrisia ominaisuuksia, joilla katsottiin olevan vaikutusta nopeuden valintaan kiertoliittymään saavuttaessa. Tuloksena saatiin viitteitä siitä, että maaseutualueilla (80 km/h) suhteellisen kapeat kiertoliittymien sisääntulot aiheuttavat kasvua yksittäisönnettömyyksien onnettomuusasteeseen. Vastaavasti taajama-alueilla, joissa nopeustaso on alhaisempi, kapeilla sisääntuloilla ei ollut merkittävää vaikutusta onnettomuusasteeseen. Tämä voi viitata siihen, että saapumisnopeus kiertoliittymään riippuu enemmän ympäröivän tieverkon yleisestä nopeustasosta kuin kiertoliittymän geometrisista tekijöistä. (Jørgensen, Jørgensen 2002.)

Kiertotilan leveydellä ei ollut merkitystä onnettomuusasteisiin. Myöskään kiertosaarekkeen halkaisijalla ei ollut tilastollista merkitystä onnettomuusasteisiin. Tosin yli 30 metrin halkaisijan kiertoliittymistä löytyi pieniä viitteitä suurentuneista onnettomuusasteista. (Jørgensen, Jørgensen 2002.) Onnettomuusasteita Tanskan kiertoliittymissä verrattiin tanskalaisiin valo-ohjattuihin risteyksiin. Vertailussa kiertoliittymissä todettiin olevan hieman pienemmät onnettomuusasteet, mutta erot olivat pieniä. (Jørgensen, Jørgensen 2002.)

3.5 Belgia

Belgiassa Wallonian alueella on laskettu vuonna 2000 olevan n. 500 kiertoliittymää, joista n. 230 kiertoliittymää sijaitsee kansallisilla teillä. Kiertoliittymien ja niissä tapahtuneiden onnettomuuksien määrän kehitys kansallisilla teillä on esitetty kuvassa 11. (WMET 2003.)



Kuva 11 Kiertoliittymien määrän ja niissä tapahtuneiden hvj-onnettomuuksien kehitystä Belgiassa (soveltaen WMET 2003).

Yksinkertainen ennen-jälkeen-tutkimus suoritettiin 122 kiertoliittymäksi muutetun liittymän osalta. Aineisto tutkimukseen koottiin vuosilta 1992 - 2000. Suuri parannus liikenneturvallisuudessa havaittiin 25 %:ssa liittymistä. Pientä parannusta tapahtui 28 %:ssa liittymistä. Toisaalta 20 %:ssa liittymistä ei tapahtunut parannusta ja 27 %:ssa liikenneturvallisuus heikkeni. (WMET 2003.)

Henkilövahinkoihin johtaneet onnettomuudet tutkimuskohteissa vähenivät yhteensä 42 %. Onnettomuuksien vähenemä riippui paljon kiertoliittymän ympäristöstä. Suurin vähenemä oli maaseudulla (taulukko 3). Vuosina 1992-2000 onnettomuudet vähenivät alueella muun tyyppisissä risteyksissä 15 %. (WMET 2003.)

Taulukko 3 Belgian Walloniassa laskettuja hvj-onnettomuuksien muutoksia (WMET 2003).

Ympäristö	Ennen onn./v	Jälkeen onn./v	Muutos %
Maaseutu	1,12	0,56	-50 %
Esikaupunki	1,88	1,01	-46 %
Kaupunki	0,93	0,79	-15 %
Kaikki	1,35	0,79	-42 %

Henkilövahinkojen onnettomuusaste oli 0,13–0,14 onnettomuutta/miljoona saapuvaa ajoneuvoa. Sillä, sijaitseeko kiertoliittymä maaseudulla vai kaupungissa, ei ollut merkitystä onnettomuusasteeseen, mutta loukkaantumisten vakavuuteen tällä oli merkitystä. Maaseuduilla vakaviin loukkaantumisiin johtaneiden onnettomuuksien aste oli kaksinkertainen kaupunkialueiden kiertoliittymiin verrattuna. (WMET 2003.)

Valo-ohjattujen liittymien henkilövahinko-onnettomuusasteet olivat 20–25 % suurempia kuin kiertoliittymissä ja maaseudulla jopa kaksinkertaiset verrattuna kiertoliittymien henkilövahinko-onnettomuusasteisiin. Kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien esiintymistiheyksissä ei ollut eroja näiden kahden liittymätyypin välillä. (WMET 2003.)

Maaseudulla suurin osa onnettomuuksista oli törmäyksiä esteeseen (59 %), joka oli useimmiten joko kiertosaareke tai liikennesaareke. Myös valaisinpylväät joutuivat usein törmäyksen kohteeksi. Syynä törmäykseen katsottiin olevan liian suuri lähestymisnopeus ja kuljettajan huono havainnointi kiertoliittymää lähestyttäessä. Jalankulkijaonnettomuudet olivat poikkeuksellisia, maaseudulla kulkevien jalankulkijoiden vähyyden vuoksi. (WMET 2003.)

Taajama-alueilla suurin onnettomuustyyppiluokka oli autojen kylkikolarit (39 %). Kylkikolareiksi tässä aineistossa tulkittiin myös törmäykset kiertotilassa tulosuunnan kohdalla. Törmäys esteeseen oli toiseksi yleisin onnettomuustyyppiluokka. Peräänajot ja samaan suuntaan ajavien autojen kolarit edustivat 12 % onnettomuuksista. Taajama-alueella jalankulkijaonnettomuuksia oli 8,5 % onnettomuuksista. (WMET 2003.)

Moottoripyörät ja mopot olivat osallisina 13,2 %:ssa maaseutujen kiertoliittymäonnettomuuksista ja 25,7 %:ssa taajamien kiertoliittymäonnettomuuksista, mikä on suurempi osuus kuin niiden osuus kokonaisliikennemäärästä. Moottoripyörien ja mopojen ajokäyttäytymisessä katsottiin olevan eroja verrattuna autoihin. Niiden todettiin vähentävän nopeuttaan vähemmän kuin autot ja ajavan "suuremmalla" ajolinjalla kiertoliittymän läpi. (WMET 2003.)

Polkupyörät olivat taajamissa osallisina 7,4 %:ssa kiertoliittymien onnettomuuksista. Raskaat ajoneuvot olivat osallisena 7,9 %:ssa onnettomuuksista maaseudulla, mikä vastaa myös niiden osuutta liikenteessä. (WMET 2003.)

Alkoholi oli vaikuttamassa 21 %:ssa kiertoliittymäonnettomuuksista maaseudulla ja 12,4 %:ssa taajamissa. Tämä on kaikkien tieliikenneonnettomuuksien keskiarvoa (11 %) suurempi osuus. Tämä saattaa johtua siitä, että alkoholin heikentämän ajokyvyn tuottama onnettomuusriskin lisääntyminen korostuu edelleen kiertoliittymissä ja etenkin maaseudulla. (WMET 2003.)

Maaseudun kiertoliittymäonnettomuuksista 53 % ja taajamien onnettomuuksista 38,6 % tapahtui yöllä. Sateella tai lumisateella todettiin olevan vain vähän vaikutusta kiertoliittymien onnettomuusasteeseen. (WMET 2003.)

Steupunt Verkeersveiligheid julkaisi 2005 tutkimuksen Flandersin alueella sijaitsevien kiertoliittymien turvallisuusvaikutuksista. Tutkimus käsitti 95 kiertoliittymää, jotka oli rakennettu vuosina 1994–1999. Onnettomuusaineisto käsitti vuosilta 1991–2000 kaikki tutkituissa kohteissa tapahtuneet henkilövahinkoon johtaneet onnettomuudet (n=1945). Tutkimukseen otettiin vertailuryhmäksi perinteisiä risteyksiä 119 kappaletta ja niissä tapahtuneita 2856 henkilövahinko-onnettomuutta vertailtiin kiertoliittymissä tapahtuneisiin onnettomuuksiin. (Brabander, ym. 2005.)

Tutkimus suoritettiin ennen-jälkeen-tutkimuksena luokitellen liittymät niiden haarojen nopeusrajoitusten mukaan (taulukko 4). Tutkimus osoittaa, että vaikutukset onnettomuuksien määrään ja vakavuuteen ovat merkittäviä ottaen huomioon onnettomuuksien yleisen kehityksen ja onnettomuuslukujen regressiovaikutuksen (tummennetulla ovat tilastollisesti merkitsevät 0.05 riskitasolla). (Brabander, ym. 2005.)

Taulukko 4 Hvj-onnettomuuksien vähenemiä Belgian Flandersissä tehdyssä ennen-jälkeen-tutkimuksessa (Brabander, ym. 2005).

Nopeusrajoitukset pääsuunta x sivusuunta	Kaikki Hvj-onn	Hvj-onnettomuudet	
		Lievät	Vakavat
50x50 km/h	39 %	37 %	28 %
70x50 km/h	15 %	14 %	36 %
70x70 km/h	42 %	42 %	50 %
90x50 km/h	55 %	45 %	54 %
90x70 km/h	59 %	40 %	72 %
90x90 km/h	18 %	7 %	27 %
Kaikki	34 %	30 %	38 %

Kaiken kaikkiaan kiertoliittymät vähensivät henkilövahinko-onnettomuuksia 34 %. Voimakkaimmat onnettomuuksien vähenemiset (59 % ja 55 %) tapahtuivat pääteiden kiertoliittymissä, joilla oli 90 km/h nopeusrajoitus, mutta sivuteillä 70 km/h ja 50 km/h nopeusrajoitus. Vastaavasti liittymät, joiden haaroilla oli samat nopeusrajoitukset (90x90 km/h, 50x50 km/h ja 70x70 km/h) vähensivät onnettomuuksia vähemmän (18 %, 39 % ja 42 %). (Brabander, ym. 2005.)

Vakavat onnettomuudet vähenivät 38 %. Kiertoliittymissä, jotka oli toteutettu 90x70 km/h ja 90x50 km/h nopeusrajoitusten omaavien teiden risteyksiin, oli myös suurin vakavia onnettomuuksia vähentävä vaikutus. Kiertoliittymät, jotka on toteutettu 90x90 km/h nopeusrajoitusten risteyksiin, vähensivät kuitenkin vähiten onnettomuuksia. Kiertoliittymien turvallisuusvaikutukset vaihtelivat riippuen siitä, minkälaisiin risteyksiin niitä tehtiin. Tuloksista voidaan päätellä, että kiertoliittymien turvallisuusvaikutukset ovat sitä suurempia, mitä suuremman nopeusrajoituksen teille ne on toteutettu. (Brabander, ym. 2005.)

Tutkimuksessa tutkittiin myös ajokäyttäytymisen kehittymistä kiertoliittymissä. Johtopäätöksenä todettiin, että kuljettajat mahdollisesti "oppivat" ajamaan paremmin kiertoliittymissä, mikä johtaa onnettomuuksien voimistuvaan vähenemiseen ajan kuluessa. On tosin myös mahdollista, että tottuessaan kiertoliittymiin kuljettajien asenne muuttuu päinvastaiseksi ja ajokäyttäytyminen muuttuu vaarallisemmaksi ja johtaa heikkenevään turvallisuusvaikutukseen. Tutkimuksessa ei näiden ilmiöiden kehittymisen osalta päästy varmaan tulokseen. (Brabander, ym. 2005.)

3.6 Sveitsi

Sveitsissä kiertoliittymiä on käytetty liittymätyyppinä 1980-luvulta alkaen ja ne yleistyivät laajemmalti 90-luvulla. Vuonna 2004 Sveitsin tieverkolla oli arviolta yli 2 000 kiertoliittymää. Näistä valtaosa oli ns. kompakteja yksikaistaisia kiertoliittymiä, joissa kiertoliittymän ulkohalkaisija on 25 ja 40 metrin välillä. (Spacek 2004.)

Useissa tapauksissa kiertoliittymä on toteutettu tavanomaiseen liittymään, jossa on tapahtunut paljon onnettomuuksia. Kaikissa kohteissa kiertoliittymät eivät kuitenkaan ole tuottaneet toivottavia turvallisuusvaikutuksia, vaan onnettomuuksien kokonaismäärä on jopa saattanut nousta. (Spacek 2004.)

Sytä näihin negatiivisiin turvallisuusvaikutuksiin tutkittiin 32 kiertoliittymän ominaisuuksien ja geometrian avulla. Onnettomuusmateriaali oli kerätty 4-5 vuotta kiertoliittymien käyttöönoton jälkeen. Tutkituista kiertoliittymistä kahdessa oli kaksikaistainen kiertotila ja kahdeksassa kaksikaistainen sisäänajo. Yhteensä onnettomuuksia oli tapahtunut 416, joissa oli loukkaantuneita 126. Onnettomuuksista 77 % (hvj 72 %) tapahtui tulosuunnassa, 11 % (hvj 8 %) kiertotilassa ja 12 % (hvj 20 %) kiertoliittymästä lähdettäessä. (Spacek 2004.)

Analyysin tuloksena todettiin kiertoliittymien geometrinen ominaisuuksien korreloivan onnettomuustiheyden kanssa. Liikenneturvallisuuden kannalta tärkeimmässä asemassa todettiin olevan nopeuksien pitäminen alhaisina liittymiin tullessa ja itse kiertotilassa. Tulosuunnan riittävä taivutus yhdessä kiertosaarekkeen optimaalisen kokoisien halkaisijain kanssa todettiin olevan tehokkain tapa pitää nopeudet alhaisina. Tutkimuksessa listattiin myös tärkeinä lisäselvityksen kohteina muun muassa pimeän ajan vaikutus kiertoliittymien turvallisuuteen sekä moottoripyöräilijöiden ja mopoilijoiden turvallisuus kiertoliittymissä. (Spacek 2004.)

3.7 Saksa

Yleisimmät kiertoliittymät Saksassa ovat kompakteja yksikaistaisia kiertoliittymiä (ulkohalkaisija 26–45 m). Tällaisia kiertoliittymiä on tehty Saksan tie- ja katuverkolle ennen vuotta 2005 toista tuhatta. Kokemukset kiertoliittymien turvallisuudesta ovat olleet monien tutkimusten mukaan hyviä. Tutkimusten mukaan onnettomuuskustannukset hyvin suunnitellussa kiertoliittymässä ovat noin 50 % pienemmät kuin tavanomaisessa liittymässä. Onnettomuusasteet ovat tutkimuksista riippuen vaihdelleet välillä 0,53–1,62 *onnettomuutta/miljoona ajoneuvoa* ja onnettomuusaste on pienin taajamissa. Saksalaisten kokemusten mukaan pyöräilijät on turvallista ohjata kiertotilaan kun liittymän haarojen liikennemäärä on alle 15 000 ajon./vrk. Tätä suuremmilla liikennemäärillä erilliset pyörätiet ovat tarpeelliset. (Brilon 2005.)

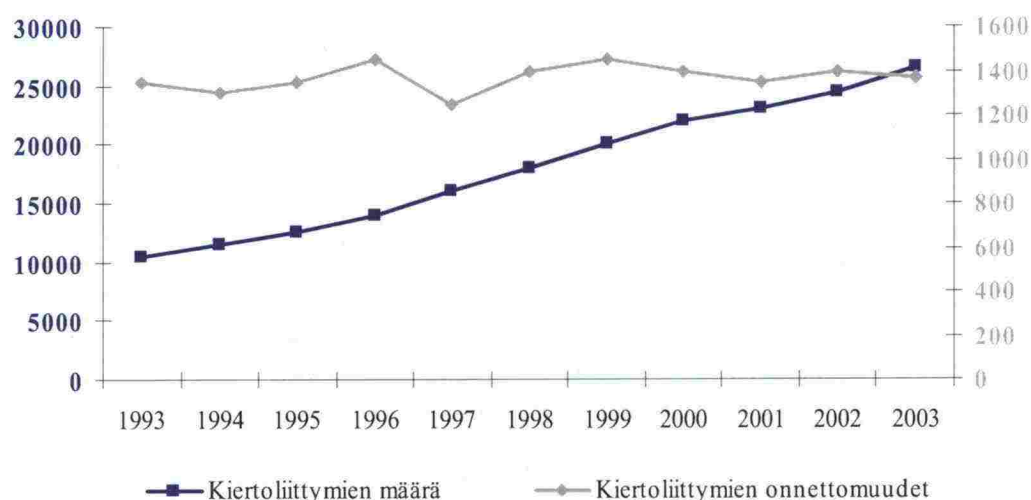
Myös minikiertoliittymiä, joiden ulkohalkaisija on 13–24 m, on tutkittu Saksassa. Onnettomuusasteet tippuivat ennen-jälkeen-tutkimuksessa 0,79:stä 0,56 *onnettomuuteen/miljoona ajoneuvoa*. Onnettomuuskustannukset laskivat yli 50 %. Minikiertoliittymien käyttöä suositellaan pelkästään taajamissa, jossa maksiminopeusrajoitus on 50 km/h. Kiertoliittymän kaistan leveyden tulisi olla 4,5-5 m. (Brilon 2005.)

Kompaktit kaksikaistaiset kiertoliittymät, joiden ulkohalkaisija on 40–60 m, ovat myös yleistyneet Saksan tieverkolla. Näissä on yksi- tai kaksikaistaiset sisään tulot, mutta yksikaistaiset poistumiset. Pyöräilijöillä on erilliset pyörätiet ja kiertotilassa ei ole ajokaistoja erottavia tiemerkeitä. Näiden kiertoliittymien onnettomuusasteet olivat vain hieman suurempia kuin yksikaistaisen. (Brilon 2005.)

Saksassa on myös isoja "perinteisiä" kiertoliittymiä, joiden ulkohalkaisija voi olla jopa 80 metriä. Näissä on tapahtunut paljon omaisuusvahinkoihin johtaneita onnettomuuksia ja vakavia henkilövahinkojakin on tapahtunut. Suorat poistumiset sisäkaistalta ovat usein olleet syynä henkilövahinkoon johtaneisiin onnettomuuksiin. Tästä syystä monikaistaisia kiertoliittymiä ja kaksikaistaisia poistumisia ei suositella käytettäväksi Saksassa. (Brilon 2005.)

3.8 Ranska

Ranskassa on tällä hetkellä kiertoliittymiä jo arviolta yli 30 000. Kiertoliittymien määrän kasvu on ollut nopeaa, yli tuhannen kiertoliittymän vuosivauhtia. Kiertoliittymien toteutus eroaa suomalaisista kiertoliittymistä joissain paikoissa suurestikin (kuva 13). Nopeasta kasvusta huolimatta kaikissa kiertoliittymissä tapahtuneiden vuotuisten onnettomuuksien yhteismäärä on pysynyt tasaisena (kuva 12). Vuodesta 1993 vuoteen 2003 onnettomuuksien määrä yhtä kiertoliittymää kohden on laskenut 58 %. Liikenneonnettomuuksien määrä Ranskassa on vähentynyt samalla aikavälillä 36 %. (Guichet 2005.)



Kuva 12 Ranskan kiertoliittymien määrä ja vuosittain tapahtuneet onnettomuusmäärät (soveltaen Guichet 2005).

Vuoden 2003 noin 1400 onnettomuudesta noin sadassa oli mukana jalankulkija ja näistä kaksi menehtyi. Ikäihmisten osuus Ranskassa tapahtuneissa kiertoliittymäonnettomuuksissa on hieman pienempi kuin se on muun tyyppisissä liittymissä keskimäärin. Osuus oli 66–75-vuotiaiden keskuudessa 5,7 %, kun se on muun tyyppisissä liittymissä 7,7 %. Yli 75-vuotiaiden keskuudessa luku oli vastaavasti 4,1 %, kun se on muun tyyppisissä liittymissä 5,7 %. (Guichet 2005.)



Kuva 13 Kiertoliittymäratkaisuja Ranskassa (Guichet 2005).

Kiertoliittymien onnettomuustyyppijakauma on esitetty taulukossa 5. Yleisin onnettomuustyyppi on törmäys kiertotilassa tulosuunnan kohdalla. Taulukossa suistumisonnettomuudet käsittävät törmäykset kiertoliittymän rakenteisiin. Polkupyöräonnettomuuksia tapahtuu yhtä paljon suojateillä auton poistuessa liittymästä kuin sen saapuessa liittymään. (FWCA 2000.)

Taulukko 5 Onnettomuustyyppijakauma Ranskassa (FWCA 2000).

Onnettomuustyyppi	Osuus
Törmäys kiertotilassa tulosuunnan kohdalla	37 %
Suistuminen kiertotilassa	16 %
Suistuminen tulosuunnassa	11 %
Peräänajo tulosuunnassa	7 %
Törmäys kiertotilassa poistumissuunnan kohdalla	6 %
Jalankulkija suojatiellä	6 %
Suistuminen poistumisessa	3 %
Peräänajo kiertotilassa	1 %
Peräänajo poistumisessa	1 %
Polkupyöräonnettomuus tulosuunnassa	1 %
Polkupyöräonnettomuus poistumisessa	1 %
Kylkikosketus kiertotilassa	3 %
Väärä kiertosuunta	1 %
Jalankulkija kiertotilassa	4 %
Jalankulkijaonnettomuus haaralla, ilman suojatietä	1 %

3.9 USA

Las Vegasin metropolialueella tehtiin erityyppisten liittymien turvallisuusvertailu vuosien 1997–2001 onnettomuusaineistosta. Vertailuun otettiin mukaan kuusi kiertoliittymää ja niissä tapahtuneita onnettomuuksia vertailtiin samalla alueella stop-ohjatuissa ja valo-ohjatuissa liittymissä tapahtuneisiin onnettomuuksiin. Kiertoliittymät oli avattu liikenteelle vuosina 1991–1995. Liittymät oli jaettu vertailussa eri kokoluokkiin sen perusteella, miten suuret liikennemäärät niissä oli. Taulukossa 6 on esitetty jaottelun mukaiset onnettomuusasteet. (Nambisan, Parimi 2007.)

Taulukko 6 Eri kokoluokkaisten liittymien onnettomuusasteita (Nambisan, Parimi 2007).

Liittymä	KVL (ajon./vrk)	Onnettomuusaste (onn./milj.saapuvaa ajon.)	Hvj-onnettomuudet
<i>Kiertoliittymät</i>			
Pienet kiertoliittymät	< 10 000	0,44	0,05
Keskisuuret kiertoliittymät	10 000 - 20 000	0,50	0,14
Suuret kiertoliittymät	> 20 000	1,84	0,20
<i>Tavanomaiset liittymät</i>			
Pienet liittymät	< 10 000	1,07	0,30
Keskisuuret liittymät	10 000 - 20 000	0,64	0,24
Suuret liittymät	> 20 000	0,76	0,24

Tulosten mukaan vähäliikenteisissä (<10 000 ajon./vrk) kiertoliittymissä tapahtuu 59 % vähemmän onnettomuuksia ja 83 % vähemmän henkilövahinkoon johtaneita onnettomuuksia kuin vastaavan liikennemäärän välittävissä tavanomaisissa liittymissä. Keskikokoisissa kiertoliittymissä (10 000-20 000 ajon./vrk) tapahtui 22 % vähemmän onnettomuuksia ja 42 % vähemmän henkilövahinkoon johtaneita onnettomuuksia kuin vastaavan liikennemäärän välittävissä tavanomaisissa liittymissä. Suurissa (yli 20 000 ajoneuvoa/vrk) kiertoliittymissä tapahtui puolestaan enemmän onnettomuuksia kuin vastaavissa tavanomaisissa valo-ohjatuissa liittymissä. Kuitenkin henkilövahinkoon johtaneita onnettomuuksia tapahtui tämän kokoluokan kiertoliittymissä vähemmän kuin tavanomaisissa valo-ohjatuissa liittymissä. (Nambisan, Parimi 2007.)

Tulosten tilastollista luotettavuutta henkilövahinkoihin johtaneiden onnettomuuksien osalta testattiin t-testillä. Kiertoliittymät, joiden keskimääräinen liikennemäärä vuorokaudessa oli alle 20 000 ajoneuvoa, olivat tilastollisesti merkitsevästi 95 % luottamustasolla turvallisempia kuin vastaavat tavanomaiset liittymät. (Nambisan, Parimi 2007.)

USA:ssa on saatu jo kokemuksia myös tavanomaisten liittymien muuttamisesta kiertoliittymiksi, vaikka niiden yleistyminen siellä onkin ollut paljon hitaampaa kuin Euroopassa. Insurance Institute for Highway Safety julkaisi tutkimuksen vuonna 2000, jossa tutkittiin 24 perinteisen liittymän muuttamista kiertoliittymiksi. Kiertoliittymät oli rakennettu vuosien 1992 ja 1997 välillä ja ne sijaitsivat kahdeksassa eri osavaltiossa Coloradossa, Californiassa, Floridassa, Kansasissa, Mainessa, Marylandissä, Etelä-Carolinassa ja Vermontissa. Tutkimus tehtiin ennen-jälkeen-tutkimuksena Empiirisellä Bayesin metodilla, joka ottaa onnettomuuslukujen regressiovaikutuksen huomioon. (Persaud ym. 2000.)

Taulukko 7 Onnettomuuksien vähenemää erilaisissa kohteissa kiertoliittymän käyttöönoton jälkeen USA:ssa (Persaud, ym. 2000).

Ennen/jälkeen	Kaikki onnettom.	Hvj-onnettom.
<i>Maaseutu</i>		
Stop ohjatusta 1-kaistaiseksi (5 kpl)	58 %	82 %
<i>Taajamat</i>		
Stop ohjatusta 1-kaistaiseksi kiertoliittymäksi (9 kpl)	61 %	77 %
Stop ohjatusta monikaistaiseksi kiertoliittymäksi (7 kpl)	15 %	n/a
Valo-ohjatuista kiertoliittymiksi (3 kpl)	32 %	68 %
Kaikki (24 kpl)	39 %	76 %

Tuloksena saatiin merkittävä 39 %:n onnettomuuksien vähenemä ja jopa 76 %:n vähenemä henkilövahinko-onnettomuuksille (taulukko 7). Yksikaistaiten kiertoliittymien turvallisuusvaikutukset olivat selkeästi suuremmat kuin monikaistaiten kiertoliittymien. (Persaud, ym. 2000.)

Vakaviin onnettomuuksiin ja kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien vähenemistä kiertoliittymän käyttöönoton jälkeen oli vaikea mitata, koska näiden onnettomuuksien määrä oli vähäinen. Viitteitä on kuitenkin havaittavissa näidenkin onnettomuuksien merkittävästä vähenemisestä tutkituissa kiertoliittymissä. Vakavaan loukkaantumiseen johtaneiden onnettomuuksien vähenemän laskettu arvio oli peräti 89 % ($p=0.001$). Kuolemaan johtaneita onnettomuuksia ei ollut jälkeen-jaksolla tapahtunut ollenkaan. (Persaud, ym. 2000.)

Pyöräilijöitä oli loukkaantunut liittymissä ennen muuttamista neljä ja kiertoliittymäksi muuttamisen jälkeen kolme. Jalankulkijoita oli loukkaantunut kolme ennen-jaksolla ja yksi jälkeen-jaksolla, joten aineisto siltä osin oli suppea. (Persaud, ym. 2000.)

Viimeisin tutkimus USA:ssa on julkaistu vuonna 2007 NCHRP:n (National Cooperative Highway Research Program) julkaisemassa raportissa. Tutkimuksessa tutkittiin 90 kiertoliittymän vaikutuksia liikenneturvallisuuteen. Kiertoliittymien liikennemäärät vaihtelivat välillä 2 668 - 58 800 saapuvaa ajon./vrk ja keskimäärin liikennemäärä oli 16 700 saapuvaa ajon./vrk. Kiertoliittymät jaoteltiin liittymän entisen ohjaustavan, kiertotilan kaistojen lukumäärän ja sijainnin mukaan. (NCHRP 2007.)

Onnettomuustyyppit määriteltiin tutkimuksessa viiteen eri luokkaan. Onnettomuustyyppien jakautuminen on esitetty taulukossa 8. Törmäykset kiertotilassa tulosuunnan kohdalla ja peräänajot olivat yleisimmät onnettomuustyyppit yksisuuntaisissa kiertoliittymissä, kun vastaavasti monikaistaisissa törmäykset poistumisissa muodostivat suurimman onnettomuustyyppiluokan. Suorat poistumiset sisemmiltä kaistoilta olivat usein syynä onnettomuuksiin monikaistaisissa kiertoliittymissä. Pyöräilijä- ja jalankulkijaonnettomuuksia USA:n kiertoliittymissä on tapahtunut suhteellisen vähän. (NCHRP 2007.)

Taulukko 8 Onnettomuustyyppit USA:ssa (NCHRP 2007).

Onnettomuustyyppi	Kaikki		Yksikaistaiset		Monikaistaiset	
	Lkm	%	Lkm	%	Lkm	%
Törmäys kiertotilassa tulosuunnan kohdalla	141	23 %	40	29 %	101	22 %
Törmäys kiertotilassa poistumissuunnan kohdalla	187	31 %	10	7 %	177	38 %
Peräänajo	187	31 %	42	30 %	145	31 %
Suistuminen	77	13 %	42	30 %	35	7 %
Jalakulkijaonnettomuus	5	1 %	1	1 %	4	1 %
Pyöräilijäonnettomuus	8	1 %	3	2 %	5	1 %

Ennen-jälkeen-tutkimuksessa oli mukana 55 liittymää, jotka oli muutettu kiertoliittymiksi (taulukko 9). Kiertoliittymien onnettomuusdataa oli kerätty keskimäärin 3,3 vuoden ajalta kiertoliittymän rakentamisen jälkeen ja ennen-jaksolta keskimäärin 3,7 vuoden ajalta. Onnettomuudet vähenivät ennen kauden 1 159 onnettomuudesta jälkeen kauden 726 onnettomuuteen. Varsinainen ennen-jälkeen-tutkimus tehtiin Empiirisellä Bayesin metodilla, joka ottaa huomioon onnettomuuslukujen regression. (NCHRP 2007.)

Taulukko 9 Onnettomuuksien määrien vähenemiä erilaisissa kohteissa kiertoliittymän käyttöönoton jälkeen (NCHRP 2007).

Ohjaus ennen	Liittymiä	Sijainti	Kaistoja	Onnettomuuksien vähenemä	
				Kaikki	Hvj.onn.
Kaikki	55	kaikki	kaikki	35,4 %	75,8 %
Valo-ohjattu	9	kaikki	kaikki	47,8 %	77,7 %
	4	esikaupunki	2	66,7 %	-
	5	kaupunki	kaikki	1,4 %	60,1 %
4-suunnasta STOP-ohjattu	10	kaikki	kaikki	-3,3 %	-28,2 %
2- suunnasta STOP-ohjattu	36	kaikki	kaikki	44,2 %	81,8 %
	9	maaseutu	1	71,5 %	87,3 %
	17		kaikki	29,0 %	81,2 %
	12	kaupunki	1	39,8 %	80,3 %
	5		2	11,6 %	-
	10		kaikki	31,8 %	71,0 %
	4	esikaupunki	1	78,2 %	77,6 %
	6		2	19,3 %	68,0 %
	27		kaikki	30,8 %	74,4 %
	16	taajama	1	56,3 %	77,7 %
	11		2	17,9 %	71,8 %

Tutkimusten tuloksina voitiin vetää USA:ssa tehdyistä tutkimuksista seuraavia johtopäätelmiä.

- Valo-ohjattujen ja kahdesta suunnasta STOP-merkillä ohjattujen risteysten muuttaminen kiertoliittymiksi tuottaa merkittävää parannusta liikenneturvallisuudelle etenkin henkilövahinko-onnettomuuksien osalta.
- Neljästä suunnasta STOP-ohjattujen liittymien muuttaminen kiertoliittymiksi ei tuottanut parannusta liikenneturvallisuuden kannalta.
- Yksikaistaisten kiertoliittymien turvallisuusvaikutukset olivat parempia kuin useampikaistaisten liittymien.

Kiertoliittymiksi muuttamisen turvallisuusvaikutukset olivat suurempia maaseutujen yksikaistaisissa kiertoliittymissä kuin taajamien yksikaistaisissa kiertoliittymissä.

4 HAASTATTELUT: ONGELMAT JA KEHITYSTARPEET

4.1 Yleistä

Kokemuksia kiertoliittymien toiminnasta, ongelmista ja kehitystarpeista on kerääntynyt käsitys Suomessa jo usealle liikennealan ammattilaiselle. Näiden kokemusten keräämiseksi suoritettiin haastattelututkimus vapaamuotoisena sähköpostikyselynä ja osin puhelinhaastatteluina. Kiertoliittymiin liittyvien turvallisuusongelmien ja kehitystarpeiden selvittämiseksi haastateltiin tiepiirien suunnittelupäälliköitä ja joidenkin kuntien liikennesuunnittelusta vastaavia henkilöitä.

Asiantuntijoilta pyydettiin kommentteja sekä turvallisuusongelmista yleisesti, että etenkin havaittavuudesta, näkemäesteistä, nopeuksista. Kehitystarpeisiin pyydettiin listaamaan näiden ongelmien ratkaisemiseksi keinoja ja toimenpiteitä. Haastattelututkimukseen saatiin kommentit 13 kunnasta tai kaupungista ja kaikista tiepiireistä. Haastateltujen kommentit olivat hyvin samankaltaisia ja seuraaviin kappaleisiin on tiivistetty kiertoliittymien turvallisuuden ja kehitystarpeiden kannalta keskeisimmiksi koetut asiat.

4.2 Kiertoliittymien ongelmat Suomessa

Kevyen liikenteen turvallisuus miellettiin yleisesti tärkeimmäksi kiertoliittymiin liittyväksi ongelmaksi. Kevyen liikenteen turvallisuutta vähentävät haastateltujen mielestä osassa kiertoliittymiä puutteelliset näkemät. Maisemointitarkoituksiin käytetyt istutukset ovat monin paikoin maantieverkon kiertoliittymien yhteydessä kasvaneet liian korkeiksi ja heikentävät näin kevyen liikenteen havaittavuutta. Liian korkeita istutuksia esiintyy myös jakajasaarekkeissa, jolloin suojatiekorokkeilla olevia ihmisiä on vaikea huomata. Eräissä kiertoliittymissä on myös käytetty suuria taideteoksia, jotka osaltaan heikentävät näkemiä.

Ympäristön ahtaudesta johtuvan tulosuuntien puutteellisen taivutuksen on huomattu aiheuttavan yhdessä kiertotilan kavennuksen ja ulkoreunan puutteellisen toteutuksen kanssa osassa liittymiä liian suuria ajonopeuksia. Tämä lisää riskiä erityisesti kevyen liikenteen osalta, koska kevyen liikenteen turvallisuus kiertoliittymissä riippuu pitkälti autojen ajonopeuksista. Joissain kiertoliittymissä oli haaroja, joissa oli liian suuri nopeusrajoitus kiertoliittymää lähestyttäessä.

Kiertoliittymien rakentamiseen huomattiin liittyvän ongelmia ajotapojen omaksumisessa vielä nykyäänkin. Uusien kiertoliittymien yliajamista oli tapahtunut paikoin liikenneympäristön muuttumisen, kiertoliittymän puutteellisen havaittavuuden ja eräiden muiden syiden vuoksi. Yleisempiä muita syitä olivat häiriötekijät, jotka vetävät huomiota pois tiestä.

Kaksikaistaisissa kiertoliittymissä ajokäyttäytymisen ongelmien miellettiin liittyvän suoriin poistumisiin sisäkaistalta. Lisäksi kaksikaistaisissa kiertoliittymissä raskaan liikenteen todettiin oikovan ajoittain.

4.3 Kiertoliittymien kehitystarpeet Suomessa

Kevyen liikenteen turvallisuuden parantaminen koettiin tärkeimmäksi kehittämiskohteeksi kiertoliittymissä. Tiejaksolla ennen kiertoliittymiä ehdotettiin käytettäväksi rakenteita, jotka lisäävät kiertoliittymän havaittavuutta ja alenavat lähestymisnopeuksia. Itse kiertoliittymissä tulisi tehostaa liikennemerkkien käyttöä, jotta suojateiden havaittavuus ja kevyen liikenteen turvallisuus parantuisivat. Vastaajat esittivät harkittavaksi väistämisvelvollisuutta osoittavan merkin asettamista kiertoliittymästä poistuville ajoneuvoille useampiin liittymiin. Kevyen liikenteen järjestelyissä koettiin tärkeäksi huolehtia siitä, ettei kevyt liikenne eksy kiertotilaan. Erityisryhmät (vanhukset, vammaiset ja lapset) tulisi ottaa suunnittelussa paremmin huomioon.

Geometristen mittojen korjaamista ehdotettiin nykyisissä kiertoliittymissä, liittymän sisällä olevien ajonopeuksien korjaamiseksi ja varsinkin kevyen liikenteen turvallisuuden takaamiseksi. Yliajettavien rakennelmien ja kiertotilan kavennuksien mittojen ja rakenteiden pitäisi olla sellaisia, että niiden yli ajaa vain raskas liikenne. Raskas liikenne ja erikoiskuljetukset tulisi myös ottaa paremmin huomioon tulevien kiertoliittymien pintamateriaalien suunnittelussa.

Selkeämpi ohjeistus miellettiin tarpeelliseksi siitä, miten ja mihin sijoitetaan kiertoliittymien pensasistutukset sekä maisemointirakennelmat. Lisätarkennusta ohjeistukseen tarvitaan myös taideteosten ja niiden valaistuksen käytössä. Lisäksi materiaalien laatuvaatimuksiin, suojateiden korotuksiin, erikoiskuljetuksien tilantarpeisiin, minikiertoliittymien mitoitukseen, nopeustasoihin kiertoliittymissä sekä vapaiden oikeiden käyttöön kaivattiin lisätarkennuksia.

Vilkkaiden teiden kiertoliittymät vaativat runsaasti toimenpiteitä liukkauden torjumiseksi. Näitä toimenpiteitä voisi mahdollisesti helpottaa rakentamalla lämmitysjärjestelmät uusiin kiertoliittymiin.

5 TUTKIMUSAINEISTO JA MENETELMÄT

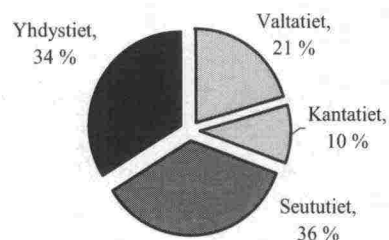
5.1 Tutkimusaineisto

5.1.1 Maantiet

Maanteillä oli tierekisterin mukaan vuoden 2007 alussa 210 kiertoliittymää (taulukko 10). Tutkimukseen on valittu näistä kiertoliittymistä ne, jotka ovat olleet maanteillä vuoden 2006 loppuun mennessä vähintään vuoden. Tutkimuksessa on mukana 187 yksikaistaista ja 6 kaksikaistaista maanteiden kiertoliittymää.

Taulukko 10 Maanteiden kiertoliittymät eri tietyyppien mukaan.

Tietyyppi	lkm	%
Valtatiet	43	20,5 %
Kantatiet	21	10,0 %
Seututiet	75	35,7 %
Yhdystiet	71	33,8 %
Yhteensä	210	100,0 %



Tiehallinnon onnettomuusrekisteristä haettiin kaikki kiertoliittymissä vuosina 2004–2006 tapahtuneet onnettomuudet. Lisäksi haettiin kiertoliittymistä 100 metrin säteellä tapahtuneet onnettomuudet. Jokaisen onnettomuuden onnettomuuskuvaukset luettiin, ja tällä perusteella karsittiin aineistosta pois kiertoliittymiin selkeästi kuulumattomat onnettomuudet ja onnettomuudet, jotka olivat tapahtuneet alle 100 metrin päässä kiertoliittymästä olevassa toisessa liittymässä.

Kiertoliittymien liikenteelle avaamisvuodet ja geometriset tiedot on saatu tiepiireistä, tiesuunnitelmista tai tierekisteristä. Kiertoliittymien liikennemäärätiedot perustuvat tierekisteristä otettuihin liikennemäärätietoihin maanteiden osalta. Osassa maanteiden kiertoliittymistä yksi haara on kunnan katuverkon katu. Kuntien katujen osalta liikennemäärätiedot saatiin tiepiireiltä ja kunnilta. Osa katujen liikennemäärätiedoista on kunnan liikenneasiantuntijan antamia arvioita.

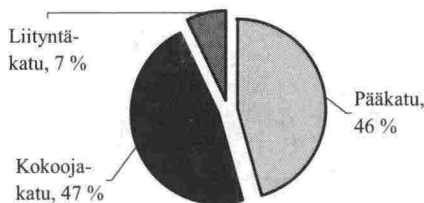
Onnettomuusrekisteristä haettiin myös vertailuaineisto onnettomuuksista, jotka olivat tapahtuneet vuosina 2004–2006 muun tyyppisissä liittymissä kuin kiertoliittymissä. Tätä aineistoa verrattiin kiertoliittymien onnettomuusaineistoon.

5.1.2 Katuverkko

Vuonna 2005 suoritetun kiertoliittymien inventoinnin perusteella kuntien katuverkolla oli kiertoliittymiä hieman alle 250 (taulukko 11). Suurin osa kiertoliittymistä oli pää- ja kokoojakaduilla.

Taulukko 11 Katuverkkojen kiertoliittymät katutyypin mukaan.

Katutyyppi	lkm	%
Pääkatu	107	45,5 %
Kokoojakatu	111	47,2 %
Liityntäkatu	17	7,2 %
Yhteensä	235	100,0 %



Tutkimukseen on valittu 89 vuoden 2006 lopussa kuntien katuverkoilla ollutta kiertoliittymää, joista onnettomuustiedot oli saatavilla riittävän tarkasti. Kuntien kiertoliittymien liikennemäärätiedot perustuvat kunnissa suoritettuihin liikennelaskentoihin. Liikennelaskentoja ei ole suoritettu kaikissa kunnissa.

Kuntien katuverkkojen kiertoliittymien onnettomuustiedot selvitettiin kunnille tehtyjen onnettomuuskyselyjen perusteella. Kuntia pyydettiin toimittamaan katuverkkojensa kiertoliittymissä tapahtuneista onnettomuuksista onnettomuuskuvaukset vuosilta 2002–2006. Analyysiin otettiin mukaan niiden kuntien onnettomuustiedot, joista saatu materiaali oli riittävän tarkkaa analyysin suorittamiseksi. Suurimmat kunnat ja kaupungit pitävät rekisteriä kaduillaan tapahtuneista onnettomuuksista, mutta pienemmistä kunnista saadut onnettomuustiedot olivat usein liian epätarkkoja.

Onnettomuustiedot kerättiin myös kiertoliittymien vaikutusalueella tapahtuneista onnettomuuksista. Katuverkoilla on usein toinen liittymä alle 100 metrin etäisyydellä kiertoliittymästä. Näissä liittymissä tapahtuneet onnettomuudet poistettiin aineistosta.

5.2 Menetelmät

5.2.1 Onnettomuusasteiden laskenta

Onnettomuusasteet laskettiin niistä kuntien ja maanteiden kiertoliittymistä, joista saatiin määritettyä liittymään saapuva liikennemäärä ja jotka vuoden 2006 lopussa olivat olleet käytössä vähintään yhden vuoden. Onnettomuusasteet laskettiin kaikille kiertoliittymille, erikseen kolmihaaraisille ja nelihaaraisille kiertoliittymille sekä erikseen kaksikaistaisille ja yksikaistaisille kiertoliittymille.

$$\text{Onnettomuusaste} = \frac{\sum_{i=1}^n N_i}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{2} KVL \times L_i \times 365 \times 10^{-6}} \quad (1)$$

N = Onnettomuuksien lukumäärä kiertoliittymän laskentakaudella

KVL = kiertoliittymän haarojen yhteenlaskettu keskivuorokausiliikennemäärä

L = Laskentakauden pituus vuosina

n = Kiertoliittymien määrä tutkittavassa joukossa

Onnettomuusasteen yksikkö on: onnettomuuksien lukumäärä/miljoona saapuvaa ajoneuvoa.

$$\text{Henkilövahinko - onnettomuusaste} = \frac{\sum_{i=1}^n N_i}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{2} KVL \times L_i \times 365 \times 10^{-6}} \quad (2)$$

N = Henkilövahinko-onnettomuuksien lukumäärä kiertoliittymän laskentakaudella

KVL = kiertoliittymän haarojen yhteenlaskettu keskivuorokausiliikennemäärä

L = Laskentakauden pituus vuosina

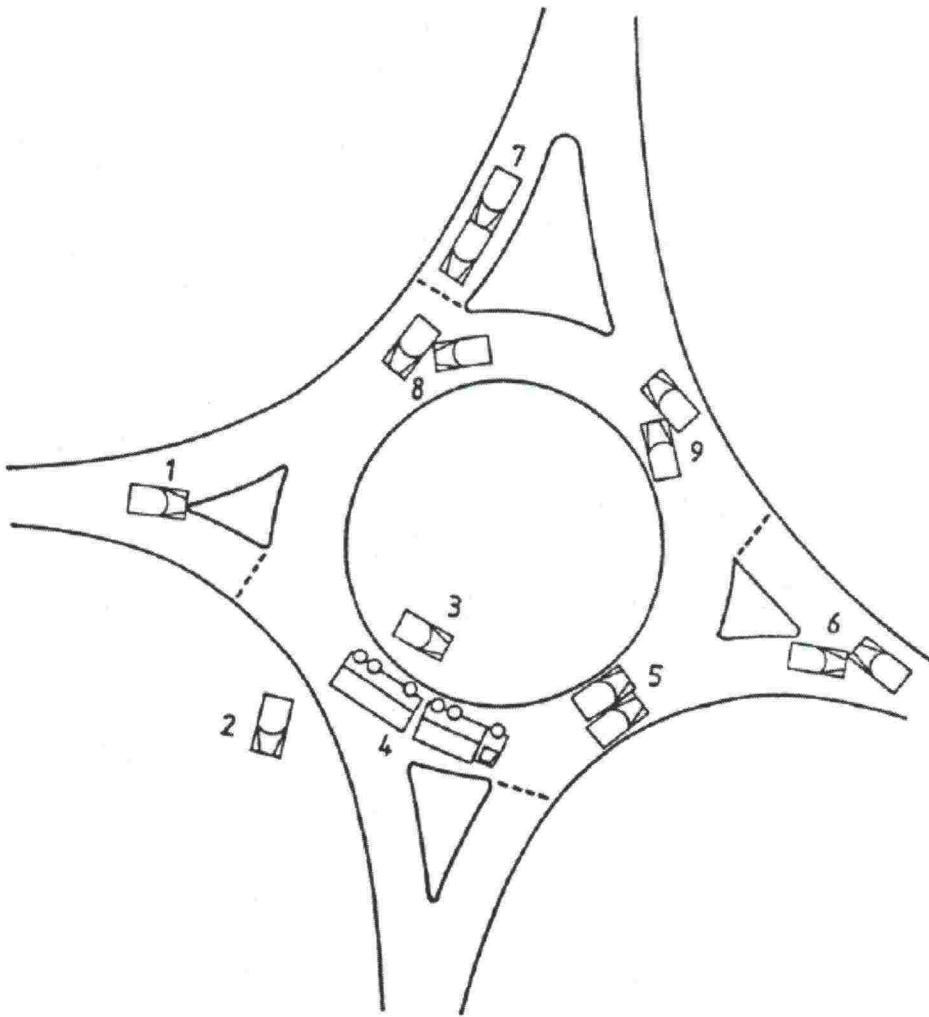
n = Kiertoliittymien määrä tutkittavassa joukossa

Hvj-onnettomuusasteen yksikkö on: henkilövahinko-onnettomuuksien lukumäärä/miljoona saapuvaa ajoneuvoa.

Kaksikaistaisten kaupunkien kiertoliittymien ja maanteiden kiertoliittymien havainnot yhdistettiin aineiston kasvattamiseksi. Onnettomuusasteita tutkittiin yhdistetyn aineiston pohjalta myös erikseen erikokoisissa kiertoliittymissä ja eri ympäristöissä. Määrittelykeinoina käytettiin kiertoliittymien liikennemääriä ja kiertosaarekkeen halkaisijaa. Kiertoliittymät jaettiin luokkiin seuraillen määrittelyä erikokoisten kiertoliittymien käyttötarkoituksille.

5.2.2 Onnettomuustyyppien määrittely

Kiertoliittymissä tapahtuneet onnettomuudet jaoteltiin Hans-Åke Cedersundin tekemän luokituksen mukaan (kuva 14). Onnettomuuksien tyypit määritettiin onnettomuuslomakkeiden onnettomuuskuvauksien perusteella ja osissa liittymiä onnettomuuspiirroksen avulla. Kaksikaistaisista kiertoliittymistä yhdistettiin aineisto maanteiden ja katuverkkojen kiertoliittymien onnettomuustyyppien osalta ja nämä tutkittiin erikseen.



1. Ajo liikennesaarekkeeseen saavuttaessa tai poistuttaessa
2. Suistuminen
3. Törmäys kiertosaarekkeeseen
4. Kaatuminen
5. Kylkikolari
6. Törmäys poistumisessa
7. Peräänajo
8. Törmäys kiertotilassa tulosuunnan kohdalla
9. Törmäys kiertotilassa poistumissuunnan kohdalla
10. Polkupyöriä- tai mopo-onnettomuus
11. Jalankulkijaonnettomuus
12. Muu onnettomuus
13. Onnettomuustyyppi ei tiedossa

Kuva 14 Kiertoliittymien onnettomuustyyppit Cedersundin mukaan.

Suistumisiksi tulkittiin onnettomuudet, jotka aiheutuivat yksittäisen kulkuneuvon hallinnan menetyksestä, joissa ajoneuvo ei osunut kiertoliittymän keskisaarekkeeseen eikä liikennesaarekkeisiin. Kaatumisiksi tulkittiin moottorijoneuvojen kaatumiset, pois lukien moottoripyörien kaatumiset, jotka tulkittiin suistumisiksi. Kylkikolareiksi tulkittiin onnettomuudet, joissa selkeästi oli kaksi ajoneuvoa rinnan kiertotilassa. Suorat poistumiset kiertotilan sisemältä kaistalta tulkittiin törmäyksiksi poistumissuunnan kohdalla, vaikka varsinainen kolari olisikin ollut kylkikosketus väistöliikkeen seurauksena. Peräänajoiksi määriteltiin peräänajot ennen kiertotilaa ja peräänajot kiertotilassa. Tuloksista ilmoitetaan molempien peräänajotyyppien lukumäärä myös erikseen.

Polkupyörä- ja mopo- sekä jalankulkijaonnettomuuksiin otettiin mukaan suojateillä ja kiertotilassa tapahtuneiden onnettomuuksien lisäksi onnettomuudet, jotka tapahtuivat kyseisen kiertoliittymän kevyen liikenteen järjestelyihin välittömästi liittyvillä pyöräteillä tai alikuluissa.

Onnettomuustyyppiluokka "Muu onnettomuus" käsitti onnettomuudet, joiden ei katsottu kuuluvan mihinkään edellä mainituista. Tällaisia olivat esimerkiksi vääraän suuntaan kiertäminen, auton kyydistä tippuminen tai kiertoliittymästä irronneeseen rakenteeseen törmäminen.

Kevyen liikenteen onnettomuudet tutkittiin erikseen ja niiden onnettomuustyypeistä tutkittiin tapahtuiko onnettomuus auton lähtiessä vai tullessa liittymään sekä mistä suunnasta auton ajosuuntaan nähden kevyen liikenteen osapuoli saapui. Kevyen liikenteen osalta yhdistettiin aineisto maanteiden ja katuverkkojen kiertoliittymien osalta.

5.2.3 Onnettomuusolosuhteet

Onnettomuusolosuhteet luokiteltiin tien pinnan, sään ja valoisuuden mukaan. Olosuhteet luokiteltiin taulukon 12 mukaisesti.

Taulukko 12 Onnettomuusolosuhteiden luokittelu.

Onnettomuusolosuhteet		
Tienpinta	Sää	Valoisuus
Paljas, kuiva	Kirkas	Päivänvalo
Paljas, märkä	Pilvipouta	Hämärä
Urissa vettä	Sumu	Pimeä
Luminen	Vesisade	Tie valaistu
Sohjoinen	Lumisade	
Jäinen	Räntäsade	
Ajourat paljaat		

Erilaisissa tienpinta-, sää ja valoisuusolosuhteissa tapahtuneista onnettomuuksista määriteltiin myös yleisimmät onnettomuustyyppit. Tienpinnan osalta tutkittiin liukkaan ajoradan vaikutusta onnettomuustyyppijakaumaan. Sääolosuhteiden osalta selvitettiin miten sumussa, vesisateessa, lumisateessa ja räntäsateessa tapahtuneet onnettomuudet, sekä valoisuuden osalta miten

pimeään aikaan tapahtuneet onnettomuudet, erosivat onnettomuustyypeiltään onnettomuusjakaumasta. Olosuhdetietoja verrattiin muuntyyppisten liittymien onnettomuusaineistoon

5.2.4 Osalliset

Kiertoliittymien onnettomuuksien osallistietoja käsiteltiin erikseen yksittäisonnettomuuksien, kaksi osallista käsittäneiden ja kolme osallista tai enemmän osallisia käsittäneiden onnettomuuksien suhteen (ns. ketjukolarit). Kaksi osallista käsittäneet onnettomuudet ristiintaulukoitiin, jotta nähtiin eri ajoneuvotyyppien välisten onnettomuuksien jakautumat.

Osalliset jaoteltiin henkilöautoihin, pakettiautoihin, kuorma-autoihin (kaip, kapp, katp), linja-autoihin, moottoripyöriin, mopoihin, polkupyöriin, jalankulkijoihin ja luokkaan "muut". Luokkaan "muut" kuuluivat hinauksessa olleet edelliset ajoneuvotyytit, traktorit, työkonet ja hälytysajoneuvot (jotka olivat hälytysajossa). Rullaluistelijat kuuluivat luokkaan jalankulkijat.

Osallistiedoista laskettiin myös, monessako onnettomuudessa oli osallisena raskas liikenne. Alkoholin käytön osuutta kiertoliittymäonnettomuuksissa tutkittiin onnettomuusrekisteristä saaduista tiedoista maanteiden osalta.

5.3 Ennen - jälkeä-tutkimus

5.3.1 Aineisto

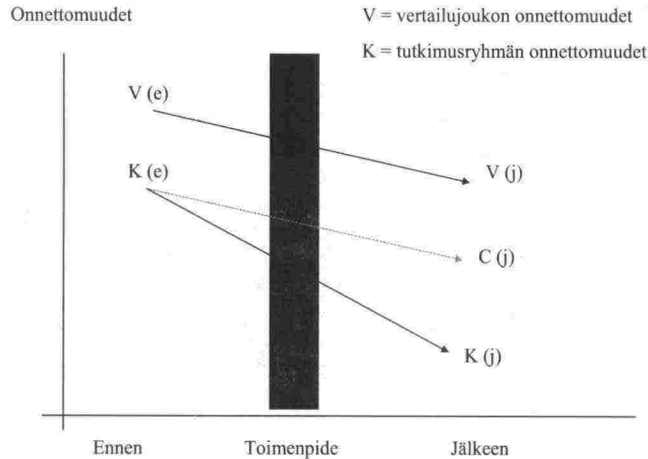
Ennen-jälkeen-tutkimukseen valittiin 19 maanteillä olevaa kiertoliittymää, jotka oli merkitty tierekisteriin vuosien 2000–2004 aikana. Kaikki kiertoliittymät olivat yksikaistaisia ja nelihaaraisia. Niiden liikennemäärät vaihtelivat noin 3000 saapuvasta ajoneuvosta/vrk noin 13 000 saapuvaan ajoneuvoon/vrk. Ennen tilanteessa liittymät olivat tierekisterin ja tiepiireiltä saatujen tietojen mukaan tavanomaisia kääkikolmiolla tai STOP-merkillä ohjattuja liittymiä.

Ennen-jakso oli kullekin kohteelle kolmen vuoden mittainen ja se valittiin kullekin kiertoliittymälle erikseen kiertoliittymän avaamisvuodesta taaksepäin laskien. Kiertoliittymän avaamisvuoden onnettomuudet eivät kuuluneet ennen-jaksoon. Jos tarkkaa liikenteelle avaamispäivää ei ollut tiedossa, ennen-jaksoon eivät kuuluneet myöskään avaamisvuotta edeltäneen vuoden onnettomuudet. Näin mahdolliset työmaan aikaiset onnettomuudet saatiin karsittua aineistosta. Jälkeen-jakso oli sama jokaiselle kiertoliittymälle, eli vuosina 2004–2006 tapahtuneet onnettomuudet ilman liikenteelle avaamisvuotta huomioitiin. Kiertoliittymät jaettiin kolmeen ryhmään sen mukaan olivatko ne taajamissa, taajamaportteina vai kokonaan taajamien ulkopuolella.

5.3.2 Ennen-jälkeen-tutkimuksen tilastollinen analyysi

Ennen-jälkeen-tutkimuksen tilastollinen analyysi suoritettiin vertailuryhmän avulla (engl. Comparison-Group Method). Kyseisessä metodissa pyritään arvioimaan turvallisuustoimenpiteiden, tässä tapauksessa kiertoliittymäksi muuttamisen, todellinen vaikutus tutkitussa tutkimusryhmässä. Vertailuryhmän avulla pyritään laskemaan, mikä olisi ollut turvallisuustilanne tutkimus-

ryhmässä (C(j)), mikäli turvallisuustoimenpidettä ei olisi tehty (kuva 15). Seuraavassa on esitetty pääpiirteittäin metodin käytön keskeisimmät käsitteet.



Kuva 15 Vertailuryhmän käytön periaate (soveltaen Tielaitos, ym. 1992).

Vertailuryhmän käytön ydinideana on löytää tutkimusryhmää ominaisuuksiltaan vastaava vertailuryhmä, jossa tutkittua toimenpidettä ei ole tehty. Metodi perustuu olettamukseen, että liikenneturvallisuuden kehittyminen tutkimusryhmässä olisi ollut samankaltaista kuin vertailuryhmässä, mikäli toimenpidettä ei olisi tehty. (Hauer 2000.)

$$\text{Lasketaan vertailutekijä } OddsRatio = \frac{V(e)/V(j)}{K(e)/K(j)} \quad (3)$$

$V(e)$ Vertailujoukon onnettomuudet ennen-kaudella

$V(j)$ Vertailujoukon onnettomuudet jälkeen-kaudella

$K(e)$ Tutkimusryhmän onnettomuudet ennen-kaudella

$K(j)$ Tutkimusryhmän onnettomuudet jälkeen-kaudella

$$\text{Lasketaan toimenpiteen vaikutus (\%)} = (OddsRatio - 1) \times 100 \quad (4)$$

Mikäli tuloksena saatu prosenttiluku on negatiivinen, on toimenpiteen vaikutus onnettomuuksia vähentävä. Tuloksen tilastollista merkitsevyyttä testataan testillä (5). Jos testin tulos on $T < -1.96$, on tulos 95 % luottamustasolla tilastollisesti merkitsevä.

$$T = \frac{\ln(OddsRatio)}{S.D.(OddsRatio)} \quad (5)$$

$$S.D.(OddsRatio) = \sqrt{\frac{1}{V(e)} + \frac{1}{K(e)} + \frac{1}{V(j)} + \frac{1}{K(j)}} \quad (6)$$

Menetelmä on esitetty yksityiskohtaisesti ITE (Institute of Transportation Engineers) julkaisemassa kirjassa "Statistical Evaluation in Traffic Safety Studies. Vertailuryhmän soveltuvuutta liikenneonnettomuuksien tutkimiseen on pohdittu myös yksityiskohtaisemmin Ezra Hauerin kirjan "Observational Before-After Studies in Road Safety (2000)" kappaleessa 9.

Huomioitavaa on, että menetelmän avulla ei voida kontrolloida onnettomuuslukujen regressiovaikutusta, koska kiertoliittymät on usein rakennettu onnettomuuslukujen valossa vaarallisimpiin liittymiin.

6 TULOKSET

6.1 Maantiet

6.1.1 Onnettomuusasteet

Onnettomuusasteiden laskentaan riittävän tarkat liikennemäärätiedot saatiin 132 maantien yksikaistaisen kiertoliittymän osalta. Näissä liittymissä oli tapahtunut yhteensä 230 onnettomuutta ja 41 henkilövahinkoon johtanutta onnettomuutta. Kaksikaistaisista kiertoliittymistä onnettomuusasteen laskentaan riittävän tarkat tiedot saatiin 5 kiertoliittymästä. Niissä oli tapahtunut 69 onnettomuutta. Maanteiden kiertoliittymien onnettomuusaste oli 0,26 *onnettomuutta/miljoonaa saapuvaa ajoneuvoa* ja henkilövahinko-onnettomuuksien 0,04 *hvj-onnettomuutta/miljoona saapuvaa ajoneuvoa* (taulukko 13).

Taulukko 13 Maanteiden kiertoliittymien onnettomuusasteet
(onn./milj. saapuvaa ajon.).

Kiertoliittymät maantiet	Onnettomuuksien lkm		Onnettomuusasteet	
	Kaikki	Hvj-onn.	Kaikki	Hvj-onn.
Kaikki yhteensä	299	47	0,26	0,04
1-kaistaiset	230	41	0,23	0,04
2-kaistaiset	69	6	0,52	0,05

6.1.2 Onnettomuustyyppit

Tutkimukseen mukaan otetuissa maanteiden 193 kiertoliittymässä tapahtui 372 onnettomuutta, joista löytyi onnettomuusselostus 371 onnettomuudesta. Kymmenestä onnettomuusselostuksesta ei saanut riittävää selvyyttä, mitä oli tapahtunut. Henkilövahinko-onnettomuuksia tapahtui näissä kiertoliittymissä 58, joista kaikista löytyi onnettomuusselostus. Seuraavassa on esitetty onnettomuustyyppien jakauma Cedersundin luokittelun mukaan (taulukko 14).

Taulukko 14 Maanteiden kiertoliittymien onnettomuustyyppijakauma.

Onnettomuustyyppi	Kaikki onn.		Hvj-onn.	
	lkm	%	lkm	%
1. Ajo liikennesaarekkeeseen saavuttaessa tai poistuttaessa	25	6,7 %	1	1,7 %
2. Suistuminen	35	9,4 %	3	5,2 %
3. Törmäys kiertosaarekkeeseen	55	14,8 %	7	12,1 %
4. Kaatuminen	16	4,3 %	5	8,6 %
5. Kylkikolari	15	4,0 %	0	0,0 %
6. Törmäys poistumisessa	1	0,3 %	0	0,0 %
7. Peräänajo	37	10,0 %	2	3,4 %
8. Törmäys kiertotilassa tulosuunnan kohdalla	85	22,9 %	3	5,2 %
9. Törmäys kiertotilassa poistumissuunnan kohdalla	21	5,7 %	0	0,0 %
10. Polkupyörä- tai mopo-onnettomuus	41	11,1 %	27	46,6 %
11. Jalankulkijaonnettomuus	6	1,6 %	5	8,6 %
12. Muu onnettomuus	24	6,5 %	4	6,9 %
13. Onnettomuustyyppi ei tiedossa	10	2,7 %	1	1,7 %
Yhteensä	371	100,0 %	58	100,0 %

Yleisin onnettomuustyyppi oli törmäys kiertotilassa tulosuunnan kohdalla. Niitä tapahtui 85 eli 23 % kaikista onnettomuuksista. Toiseksi yleisin onnettomuustyyppi oli törmäys kiertosaarekkeeseen, joita tapahtui 55 eli 15 %. Peräänajo-onnettomuuksia tapahtui 37, joista 27 tapahtui tulosuunnalla ennen kiertoliittymään liittymistä ja 10 kiertotilassa.

Polkupyörä- ja mopo-onnettomuudet olivat kolmanneksi yleisin onnettomuustyyppi ja yleisin henkilövahinkoihin johtanut onnettomuustyyppi. Jalankulkijaonnettomuuksia tapahtui vain kuusi. Henkilövahinkoon johtaneista onnettomuuksista yli puolet oli jalankulkija-, pyörä- tai mopo-onnettomuuksia (55 %). Raskaan liikenteen onnettomuuksista 20 % oli kylkikolareita, samoin 20 % oli törmäyksiä kiertotilassa tulosuunnan kohdalla ja 15 % oli kaatumisia.

Taajamien ulkopuolella ja reuna-alueilla tapahtuneista onnettomuuksista 30 % oli törmäyksiä kiertosaarekkeeseen. Vastaavasti polkupyörä-, mopo- ja jalankulkijaonnettomuuksia oli vähemmän kuin taajamissa.

Yksikään tutkituista onnettomuuksista ei johtanut ihmisen menehtymiseen.

6.1.3 Onnettomuusolosuhteet

Sää tiedot saatiin 370 onnettomuudesta, joista 57 oli henkilövahinko-onnettomuuksia (taulukko 15). Noin 80 % onnettomuuksista tapahtui kirkaassa tai pilvipoutaisessa säässä. Muun tyyppisissä liittymissä kuin kiertoliittymä tapahtui onnettomuusrekisterin mukaan vastaavanlaisissa olosuhteissa 79 % liittymäonnettomuuksista. Huonoissa sääolosuhteissa tapahtui 20 % kiertoliittymien onnettomuuksista.

Taulukko 15 Onnettomuudet sään mukaan maanteiden kiertoliittymissä.

Sää	Kaikki onn.		Hvj-onn.	
	lkm	%	lkm	%
Kirkas	151	40,8 %	25	43,9 %
Pilvipouta	145	39,2 %	25	43,9 %
Sumu	6	1,6 %	0	0,0 %
Vesisade	41	11,1 %	5	8,8 %
Lumisade	23	6,2 %	2	3,5 %
Räntäsade	4	1,1 %	0	0,0 %
Yhteensä	370	100,0 %	57	100,0 %

Henkilövahinkoon johtaneista onnettomuuksista 88 % tapahtui hyvissä sääolosuhteissa (kirkas, pilvipouta). Muun tyyppisissä liittymissä kuin kiertoliittymä, tapahtui hyvissä sääolosuhteissa henkilövahinko-onnettomuuksista 85 %.

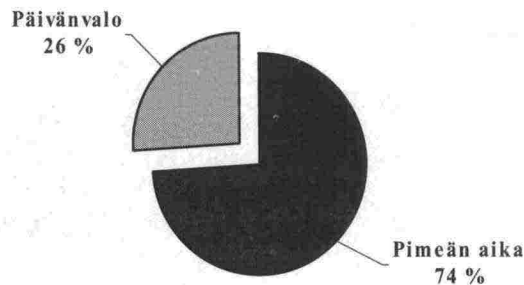
Huonolla säällä (sumu, vesisade, lumisade, räntäsade) tapahtuneista onnettomuuksista yleisimmät onnettomuustyyppit olivat törmäys kiertotilassa tulosuunnan kohdalla 23 %, törmäys kiertosaarekkeeseen 19 % ja peräänajo 15 %.

Taulukko 16 Onnettomuudet valoisuuden mukaan maanteiden kiertoliittymissä.

Valoisuus	Kaikki onn.		Hvj-onn.	
	lkm	%	lkm	%
Päivänvalo	230	62,2 %	38	66,7 %
Hämärä	26	7,0 %	2	3,5 %
Pimeä	20	5,4 %	5	8,8 %
Tie valaistu	94	25,4 %	12	21,1 %
Yhteensä	370	100,0 %	57	100,0 %

Päivänvalossa tapahtui 62 % onnettomuuksista ja 67 % henkilövahinkoon johtaneista onnettomuuksista (taulukko 16). Muun tyyppisissä liittymissä tapahtui onnettomuusrekisterin mukaan päivänvalossa 72 % onnettomuuksista ja 75 % henkilövahinko-onnettomuuksista.

Törmäykset kiertoliittymän rakenteisiin



Kuva 16 Törmäykset kiertoliittymän rakenteisiin valoisuuden mukaan.

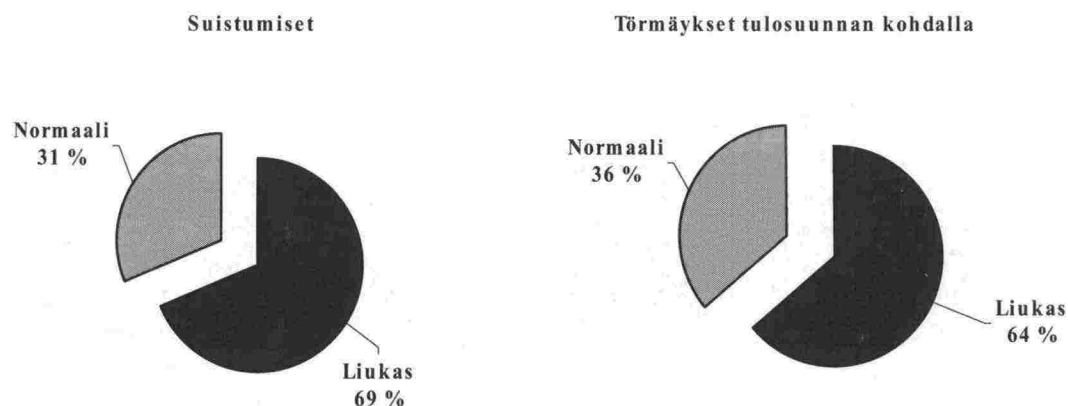
Pimeän aikaan yleisimmät onnettomuustyyppit olivat törmäys kiertosaarekkeeseen 27 %, törmäys kiertotilassa tulosuunnan kohdalla 16 %, suistuminen 15 % ja liikennesaarekkeeseen törmäminen 15 %. Kiertosaarekkeeseen tapahtuneista 55 törmäyksestä ja liikennesaarekkeisiin tapahtuneista 25 törmäyksestä tapahtui 74 % pimeän aikaan (kuva 16).

Taulukko 17 Onnettomuudet tienpinnan kunnon mukaan maanteiden kiertoliittymissä.

Tienpinta	Kaikki onn.		Hvj-onn.	
	lkm	%	lkm	%
Paljas, kuiva	191	51,6 %	40	70,2 %
Paljas, märkä	95	25,7 %	11	19,3 %
Urissa, vettä	2	0,5 %	0	0,0 %
Luminen	21	5,7 %	0	0,0 %
Sohjoinen	7	1,9 %	0	0,0 %
Jäinen	49	13,2 %	5	8,8 %
Ajourat paljaat	5	1,4 %	1	1,8 %
Yhteensä	370	100,0 %	57	100,0 %

Liukkaalla kelillä (märkä, vettä urissa, luminen, sohjoinen, jäinen) tapahtui 48 % onnettomuuksista maanteiden kiertoliittymissä (taulukko 17). Muun tyyppisissä liittymissä liukkaalla kelillä tapahtui onnettomuusrekisterin mukaan 50 % onnettomuuksista.

Yleisimmät onnettomuudet liukkaalla kelillä olivat törmäys kiertotilassa tulosuunnan kohdalla 29 %, törmäys kiertosaarekkeeseen 17 % ja suistuminen 13 %. Suistumisista kiertoliittymissä noin 69 % tapahtui tienpinnan ollessa liukas. Törmäyksistä tulosuunnan kohdalla 64 % tapahtui tienpinnan ollessa liukas (kuva 17).



Kuva 17 Suistumisten ja tulosuunnan törmäysten osuudet liukkaalla kelillä.

6.1.4 Osalliset

Ajoneuvotiedot saatiin 365 onnettomuuden osalta. Onnettomuuksista 140 (38 %) oli yksittäisonnettomuuksia, 218:ssä (60 %) oli osallisena kaksi osapuolta ja seitsemässä (2 %) enemmän kuin kaksi osapuolta. Lisäksi muutamassa onnettomuudessa oli osallisena vaikuttamassa enemmän kuin kaksi ajoneuvoa, mutta törmäys tapahtui vain kahden osapuolen kesken. Näitä olivat esimerkiksi vastoin liikennesääntöjä ajavan väistämisestä kolmannen osapuolen kanssa johtuneet kolarit, jotka merkittiin kaksi osallista käsittäneisiin onnettomuuksiin.

Yksittäisonnettomuuksista suurimmassa osassa osallinen oli henkilöauto (n=110) 79 %. Kuorma-autoille tapahtui yksittäisonnettomuuksia 13 (9 %), moottoripyörille 9 (6%) pakettiautoille 3 (2 %), mopoille 3 (2%) ja työkoneille yms. loput kaksi kappaletta eli 1,4%.

Kaksi osallista käsittäneistä onnettomuuksista yli puolet (51,4 %) tapahtui kahden henkilöauton välillä (taulukko 18). Kuorma-auton ja henkilöauton välisiä törmäyksiä oli 8,7 % kolareista. Samoin pakettiauton ja henkilöauton välisiä törmäyksiä oli 8,7 %.

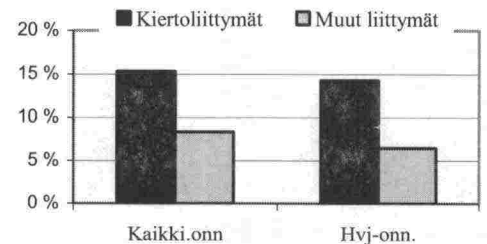
Taulukko 18 Onnettomuuksien osalliset kaksi osallista käsittäneissä onnettomuuksissa maanteiden kiertoliittymissä.

n = 218	ha	pa	ka	la	mp	mopo	pp	jl	muu
ha	51,4 %								
pa	8,7 %	0,0 %							
ka	8,7 %	1,4 %	0,0 %						
la	0,9 %	0,5 %	0,0 %	0,0 %					
mp	5,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,5 %				
mopo	5,5 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,5 %	0,9 %			
pp	6,4 %	0,5 %	0,5 %	0,0 %	0,0 %	1,4 %	0,9 %		
jl	1,4 %	0,0 %	0,5 %	0,0 %	0,0 %	0,5 %	0,0 %	0,0 %	
muu	2,3 %	0,5 %	0,5 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,9 %	0,0 %	0,0 %

Kevyen liikenteen ja jalankulkijoiden onnettomuuksista henkilöauto oli toisena osallisena 29 kertaa, kun kyseisiä onnettomuuksia tapahtui yhteensä 47. Linja-autojen onnettomuuksia oli vain kolme maanteiden kiertoliittymien onnettomuuksista.

Taulukko 19 Alkoholin vaikutus kiertoliittymäonnettomuuksiin maanteiden kiertoliittymissä.

Alkoholi	Kaikki onn.		Hvj-onn.	
	lkm	%	lkm	%
Kyllä	57	15,4 %	8	14,3 %
Ei	314	84,6 %	48	85,7 %
Yhteensä	371	100,0 %	56	100,0 %



Maanteiden kiertoliittymien onnettomuuksista 15,4 %:ssa (taulukko 19) jonkun ajoneuvon kuljettaja oli alkoholin vaikutuksen alaisena. Henkilövahinkoon johtaneissa onnettomuuksissa 14,3 % kuljettajista oli alkoholin vaikutuksen alaisena. Onnettomuusrekisteristä kootussa, muun tyyppisten liittymien vertailujoukossa alkoholi oli vaikuttamassa 8,3 %:ssa onnettomuuksia ja 6,3 %:ssa hvj-onnettomuuksia.

6.2 Kadut

6.2.1 Onnettomuusasteet

Kuntien kiertoliittymistä riittävän tarkkoja liikennelaskentoja oli suoritettu vain suurimmissa kunnissa. Onnettomuusasteiden laskentaan saatiin riittävät tiedot 54 kiertoliittymästä. Kaikkien onnettomuuksien onnettomuusaste oli 0,23 onnettomuutta/miljoona saapuvaa ajoneuvoa ja henkilövahinko-onnettomuuksien 0,04 hvj-onnettomuutta/miljoona saapuvaa ajoneuvoa (taulukko 20). Kaksikaistaisia kiertoliittymiä oli katuverkon tutkituista liittymistä vain yksi.

Taulukko 20 Katuverkkojen kiertoliittymien onnettomuusasteet.

Kiertoliittymät katuverkot	Onnettomuuksien lkm		Onnettomuusasteet	
	Kaikki	Hvj-onn.	Kaikki	Hvj-onn.
Kaikki yhteensä	120	19	0,23	0,04
1-kaistaiset	108	18	0,21	0,04
2-kaistaiset	12	1	0,62	0,05

6.2.2 Onnettomuustyyppit

Tutkimukseen mukaan otetuissa kuntien 89 kiertoliittymässä tapahtui 195 onnettomuutta, joista 28 oli henkilövahinko-onnettomuuksia. Taulukossa 21 on esitetty onnettomuustyyppien jakauma Cedersundin luokituksen mukaan.

Taulukko 21 Onnettomuustyyppijakauma - kuntien kiertoliittymät.

Onnettomuustyyppi	Kaikki onn.		Hvj-onn.	
	lkm	%	lkm	%
1. Ajo liikennesaarekkeeseen saavuttaessa tai poistuttaessa	12	6,2 %	0	0,0 %
2. Suistuminen	15	7,7 %	1	3,6 %
3. Törmäys kiertosaarekkeeseen	11	5,6 %	1	3,6 %
4. Kaatuminen	4	2,1 %	1	3,6 %
5. Kyllikolari	8	4,1 %	0	0,0 %
6. Törmäys poistumisessa	3	1,5 %	2	7,1 %
7. Peräänajo	37	19,0 %	1	3,6 %
8. Törmäys kiertotilassa tulosuunnan kohdalla	55	28,2 %	2	7,1 %
9. Törmäys kiertotilassa poistumissuunnan kohdalla	1	0,5 %	1	3,6 %
10. Polkupyörä- tai mopo-onnettomuus	24	12,3 %	14	50,0 %
11. Jalankulkijaonnettomuus	4	2,1 %	3	10,7 %
12. Muu onnettomuus	14	7,2 %	2	7,1 %
13. Onnettomuustyyppi ei tiedossa	7	3,6 %	0	0,0 %
Yhteensä	195	100,0 %	28	100,0 %

Kuntien kiertoliittymissä yleisin onnettomuustyyppi oli törmäys kiertotilassa tulosuunnan kohdalla. Niitä tapahtui 55 kappaletta eli 28 % kaikista onnettomuuksista. Toiseksi yleisin onnettomuustyyppi oli peräänajo, joita oli 37 kappaletta eli 19 %. Viimeksi mainituista 8 oli peräänajoja kiertotilassa ja loput 29 peräänajoja ennen kiertoliittymää. Näissä kahdessa suurimmassa onnettomuustyyppiryhmässä oli tapahtunut vain kolme henkilövahinkoon johtanutta onnettomuutta.

Kolmanneksi yleisin ja suurin henkilövahinkoihin johtanut onnettomuusryhmä oli polkupyörä ja mopo-onnettomuudet. Niitä tapahtui 24 kappaletta, joista 14 johti henkilövahinkoihin. Henkilövahinkojen osuus tässä onnettomuusryhmässä oli puolet kaikista kuntien kiertoliittymien henkilövahinko-onnettomuuksista. Jalankulkijaonnettomuuksia tapahtui vain neljä kappaletta, joista kolme oli henkilövahinko-onnettomuuksia.

Henkilövahinko-onnettomuuksista kaksi johti henkilön menehtymiseen. Toisessa henkilöauton kyydistä pudonnut lapsi jäi takana tulleen linja-auton alle. Toinen oli polkupyöräonnettomuus, jossa kiertoliittymästä poistunut ajoneuvo ei huomannut pyörätien jatketta ajanutta pyöräilijää. Pyörä tuli henkilöautosta katsottuna vasemmalta puolelta ja onnettomuus tapahtui auton poistuessa kiertoliittymästä.

6.2.3 Onnettomuusolosuhteet

Olosuhdetiedot saatiin 183 onnettomuuden ja 27 henkilövahinko-onnettomuuden osalta (taulukko 22).

Taulukko 22 Onnettomuudet sään mukaan kuntien katu- ja kaavateiden kiertoliittymissä.

Sää	Kaikki onn.		Hvj-onn.	
	lkm	%	lkm	%
Kirkas	69	38,1 %	15	55,6 %
Pilvipouta	79	43,6 %	7	25,9 %
Sumu	2	1,1 %	0	0,0 %
Vesisade	19	10,5 %	4	14,8 %
Lumisade	10	5,5 %	1	3,7 %
Räntäsade	2	1,1 %	0	0,0 %
Yhteensä	181	100,0 %	0	100,0 %

Suurin osa onnettomuuksista eli 82 % tapahtui kirkkaassa tai pilvipoutaisessa säässä. Myös henkilövahinkoon johtaneista onnettomuuksista 82 % tapahtui hyvissä sääolosuhteissa. Yleisimmät onnettomuustyypit huonolla säällä (sumu, vesisade, lumisade, räntäsade) olivat törmäys kiertotilassa tulosuunnan kohdalla 27 %, peräänajot 18 % ja suistumiset 15 %

Tienpintatiedot saatiin 56 onnettomuuden ja seitsemän henkilövahinko-onnettomuuden osalta. Aineisto jäi tältä osin suppeaksi, mutta jakauma on esitetty taulukossa 23. Onnettomuuksista 54 % tapahtui liukkaalla kelillä (märkä, vettä urissa, luminen, sohjoinen, jäinen) katuverkkojen kiertoliittymissä.

Taulukko 23 Onnettomuudet tienpinnan kunnon mukaan kuntien katu- ja kaavateiden kiertoliittymissä.

Tienpinta	Kaikki onn.		Hvj-onn.	
	lkm	%	lkm	%
Paljas, kuiva	26	46,4 %	3	42,9 %
Paljas, märkä	17	30,4 %	4	57,1 %
Urissa, vettä	0	0,0 %	0	0,0 %
Luminen	6	10,7 %	0	0,0 %
Sohjoinen	0	0,0 %	0	0,0 %
Jäinen	7	12,5 %	0	0,0 %
Ajourat paljaat	0	0,0 %	0	0,0 %
Yhteensä	56	100,0 %	7	100,0 %

Taulukko 24 Onnettomuudet valoisuuden mukaan kuntien katu- ja kaavateiden kiertoliittymissä.

Valoisuus	Kaikki onn.		Hvj-onn.	
	lkm	%	lkm	%
Päivänvalo	130	71,0 %	22	84,6 %
Hämärä	13	7,1 %	1	3,8 %
Pimeä	12	6,6 %	1	3,8 %
Tie valaistu	28	15,3 %	2	7,7 %
Yhteensä	183	100,0 %	26	100,0 %

Valoisuustiedot saatiin 183 onnettomuudesta. Niiden jakauma on esitetty taulukossa 24. Onnettomuuksista tapahtui päivänvalossa 71 % ja henkilövahinkoon johtaneista onnettomuuksista 85 %.

Pimeän tai hämärän aikaan tapahtuneista onnettomuuksista, samoin kuin maanteidenkin kiertoliittymissä, suurin onnettomuustyyppiryhmä oli törmäys kiertotilassa tulosuunnan kohdalla 28 %. Seuraavaksi suurimmat onnettomuustyyppiryhmät olivat peräänajo 19 % ja törmäys kiertosaarekkeeseen 15 %. Onnettomuuksista, joissa törmätään kiertoliittymän rakenteisiin, 62 % tapahtui pimeän aikaan katujen kiertoliittymissä.

6.2.4 Osalliset

Osallistiedot saatiin 190 onnettomuudesta, joista 46 (24 %) oli yksittäisonnettomuuksia, 142:ssa (75 %) oli osallisena kaksi osapuolta ja kahdessa (1 %) enemmän kuin kaksi osapuolta. Lisäksi muutamassa onnettomuudessa oli osallisena useampia kuin kaksi ajoneuvoa, mutta törmäys tapahtui vain kahden osapuolen kesken. Tällaisia olivat esimerkiksi vastoin liikennesääntöjä ajavan väistämisestä kolmannen osapuolen kanssa johtuneet kolarit.

Yksittäisonnettomuuksista 40 tapahtui henkilöautoille ja kolme sekä kuorma-autoille, että moottoripyörille. Kaksi osapuolta käsittäneet onnettomuudet (n=142) on ristiintaulukoitu taulukkoon 25.

Taulukko 25 Onnettomuuksien osalliset kuntien katu- ja kaavateiden kiertoliittymissä onnettomuuksissa, joissa kaksi osallista.

n = 142	ha	pa	ka	la	mp	mopo	pp	jl	muu
ha	56,3 %								
pa	5,6 %	0,7 %							
ka	3,5 %	0,7 %	0,0 %						
la	9,2 %	0,0 %	0,7 %	0,0 %					
mp	2,1 %	1,4 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %				
mopo	2,1 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,7 %	0,0 %			
pp	12,0 %	0,0 %	0,0 %	1,4 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %		
jl	2,8 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	
muu	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,7 %	0,0 %	0,0 %

Kahden henkilöauton välinen onnettomuus oli yleisin kaksi osapuolta käsittäneistä onnettomuuksissa. Seuraavaksi eniten tapahtui onnettomuuksia pyöräilijän ollessa toisena osapuolena. Raskasta liikennettä oli osallisena yhtenä tai molempina osapuolina yhteensä 22:ssä kaksi osapuolta käsittäneessä onnettomuudessa. Yli kahden osallisen onnettomuuksissa kaikki osapuolet olivat henkilöautoja.

6.3 Kaksikaistaiset kiertoliittymät

Kaksikaistaisia kiertoliittymiä valittiin tutkimukseen seitsemän, kuusi maanteiltä ja yksi katuverkolta. Maanteiden liittymissä tapahtui 70 onnettomuutta ja katuverkon liittymässä 12 onnettomuutta tutkimusaikana. Kaksikaistaisten kiertoliittymien onnettomuusasteet on esitetty taulukossa 26.

Taulukko 26 Kaksikaistaisten kiertoliittymien onnettomuusasteet (onn./milj. saapuvaa ajon.).

Kiertoliittymä	Onnettomuusaste	
	Kaikki	Hvj-onn.
<i>Maantiet</i>		
Kt45/Mt 145 Hyrylä	0,63	0,08
Mt 145/Mt 148 Hyrylä	0,16	0,03
Vt 29/ Mt922 Röyttä	0,16	0,00
Vt 4/ Vt 8 Liminka	0,60	0,13
Vt24 / Mt 140 Holma		
Vt 4/ Mt 638 Vaajakoski	1,27	0,04
<i>Katuverkko</i>		
Tapaninkyläntie/Suutarilantie Helsinki	0,62	0,05
Yhteensä	0,59	0,05

Onnettomuusasteet vaihtelevat kaksikaistaisissa liittymissä suuresti. Vaajakosken kiertoliittymässä onnettomuusaste on suurin, kun tarkkaillaan kaikkia onnettomuuksia. Vaajakosken kiertoliittymä on liittymätyypiltään erilainen kuin muut maanteiden kaksikaistaiset kiertoliittymät, koska siinä ei ole kiertotilan ajokaistoja erottavia tiemerkeitä.

Tyypillisimpiä onnettomuuksia kaksikaistaisissa kiertoliittymissä olivat törmäys kiertotilassa poistumissuunnan kohdalla 26 %, törmäys kiertotilassa tulosuunnan kohdalla 20 % ja kylkikolari 18 % (taulukko 27). Kaikista kaksikaististen kiertoliittymien tarkastelun kylkikolareista noin puolet tapahtui Vaajakosken liittymässä.

Taulukko 27 Kaksikaististen kiertoliittymien onnettomuustyyppijakauma.

Onnettomuustyyppi	Kaikki onn.		Hvj-onn.	
	lkm	%	lkm	%
1. Ajo liikennesaarekkeeseen saavuttaessa tai poistuttaessa	1	1,2 %	0	0,0 %
2. Suistuminen	3	3,7 %	0	0,0 %
3. Törmäys kiertosaarekkeeseen	6	7,3 %	2	28,6 %
4. Kaatuminen	0	0,0 %	0	0,0 %
5. Kylkikolari	15	18,3 %	0	0,0 %
6. Törmäys poistumisessa	0	0,0 %	0	0,0 %
7. Peräänajo	7	8,5 %	0	0,0 %
8. Törmäys kiertotilassa tulosuunnan kohdalla	16	19,5 %	1	14,3 %
9. Törmäys kiertotilassa poistumissuunnan kohdalla	21	25,6 %	0	0,0 %
10. Polkupyörä- tai mopo-onnettomuus	2	2,4 %	2	28,6 %
11. Jalankulkijaonnettomuus	0	0,0 %	0	0,0 %
12. Muu onnettomuus	9	11,0 %	2	28,6 %
13. Onnettomuustyyppi ei tiedossa	2	2,4 %	0	0,0 %
Yhteensä	82	100,0 %	7	100,0 %

6.4 Kevyt liikenne

Kevyen liikenteen onnettomuuksia tutkittiin yhdistämällä maanteiden ja kuntien kiertoliittymien onnettomuusaineistot. Pyöräilijöiden, mopoilijoiden ja jalankulkijoiden onnettomuuksia tapahtui tutkituissa 193 maanteiden kiertoliittymässä 47 onnettomuutta vuosina 2004–2006 ja tutkituissa 89 kuntien katuverkkojen kiertoliittymässä vuosina 2002–2006 28 onnettomuutta. Kaikista kevyen liikenteen ja jalankulkijoiden kiertoliittymäonnettomuuksista 49 eli 65 % johti henkilövahinkoon.

Polkupyörien ja jalankulkijoiden suoja tiellä tapahtuneista onnettomuuksista 16 tapahtui ajoneuvon tullessa liittymään ja 23 auton poistuessa liittymästä (taulukko 28). Seitsemästä onnettomuudesta tämä tieto ei selvinnyt. Pyöräilijä tai jalankulkija saapui ajoneuvon ajosuunnasta katsottuna 18 kertaa vasemmalta ja 17 kertaa oikealta. Neljässä onnettomuudessa, joissa ajoneuvo oli poistumassa kiertoliittymästä, ei saatu tietoa siitä, mistä suunnasta pyöräilijä oli saapunut. Lisäksi yksi mopo-onnettomuus oli tapahtunut suoja tiellä, mutta siitä ei selvinnyt auton tulosuunta.

Taulukko 28 Jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden suojatieonnettomuudet kiertoliittymissä.

Törmäys		Vasemmalta	Oikealta	Ei tietoa
Auton tullessa liittymään	Pyörä	6	7	
	JL	1	2	
Auton lähtiessä liittymästä	Pyörä	6	7	4
	JL	5	1	
Ei tietoa	Pyörä			6
	JL			1

Yksi polkupyöräonnettomuus johti henkilön menehtymiseen. Kiertoliittymästä poistunut henkilöauto ei huomannut pyörätien jatketta ajanutta pyöräilijää. Pyörä tuli ajoneuvosta katsottuna vasemmalta puolelta.

Kiertoliittymän ympärillä olevilla pyöriteillä ja alikuluissa tapahtui viisi pyörä- tai mopojen välistä onnettomuutta. Kiertotilassa tapahtui 15 mopon ja auton välistä onnettomuutta sekä kaksi polkupyörän ja auton välistä onnettomuutta. Mopon hallinnan menetyksiä ja kaatumisia oli yhteensä viisi (taulukko 29).

Taulukko 29 Polkupyörä- ja mopojen onnettomuudet muualla kuin suojateilla.

Törmäys		Lukumäärä
Pyörätiellä tai alikulussa	Pyörä	4
	Mopo	1
Kiertotilassa auton kanssa	Pyörä	2
	Mopo	15
Hallinnan menetys/kaatuminen	Pyörä	-
	Mopo	5

6.5 Kiertoliittymän koko ja muoto

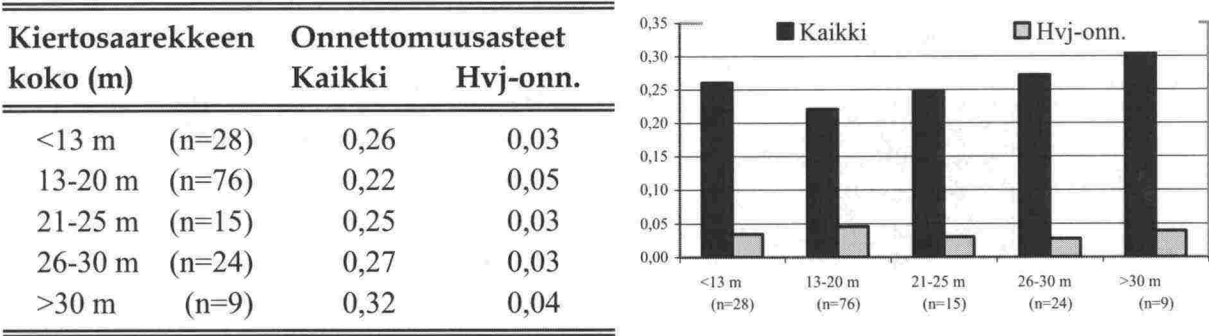
Kiertoliittymien koon ja haarojen määrän vaikutusta onnettomuusasteeseen tutkittiin yhdistämällä katuverkkojen ja maanteiden aineistot. Kolmihaaraisissa kiertoliittymissä oli alhaisimmat onnettomuusasteet. Kaikkien onnettomuuksien osalta kolmihaaraisen onnettomuusaste oli 0,15 onnettomuutta/miljoona saapuvaa ajoneuvoa ja henkilövahinko-onnettomuusaste 0,03 hvj-onnettomuutta/miljoona saapuvaa ajoneuvoa (taulukko 30). Kaikki tutkitut kolmihaaraiset kiertoliittymät olivat yksikaistaisia.

Taulukko 30 Kiertoliittymien muodon vaikutus onnettomuusasteeseen.

Kiertoliittymät maantiet ja kunnat	Onnettomuuksien lkm		Onnettomuusasteet	
	Kaikki	Hvj-onn.	Kaikki	Hvj-onn.
Kaikki yhteensä	419	66	0,25	0,04
Kaikki 1-kaistaiset	338	59	0,22	0,04
3-haaraiset (vain 1-kaistaisia)	54	10	0,15	0,03
4-haaraiset - kaikki	365	56	0,28	0,04
4-haaraiset 1-kaistaiset	284	49	0,24	0,04
4-haaraiset 2-kaistaiset	81	7	0,59	0,05

Kiertoliittymissä, joissa kiertosaarekkeen halkaisija on 13–20 metriä, on hie-
man suurempi henkilövahinko-onnettomuusaste kuin keskimäärin, mutta toi-
saalta pienin kaikkien onnettomuuksien onnettomuusaste (taulukko 31). Pie-
nin henkilövahinko-onnettomuusaste on kiertoliittymissä, joissa kiertosaa-
rekkeen koko on alle 12 metriä tai 21–30 metriä. Kaikkien onnettomuuksien
osalta onnettomuusaste suurenee hieman kiertosaarekkeen kasvaessa.

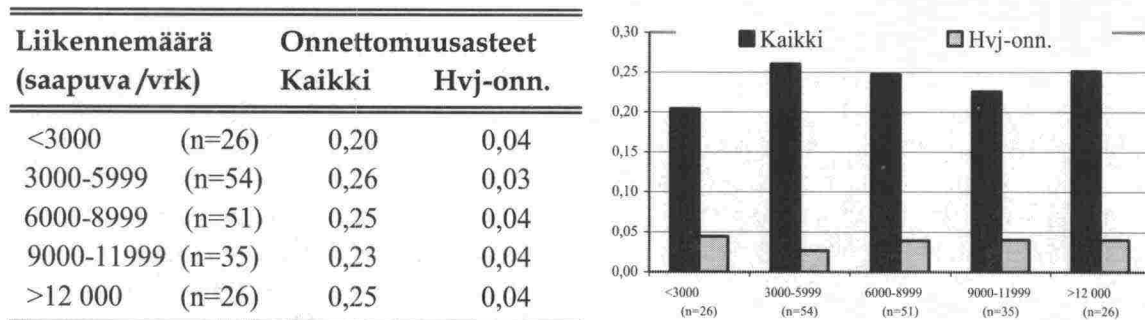
Taulukko 31 Kiertoliittymän keskisaarekkeen vaikutus onnettomuusasteeseen.



Eroa voidaan selittää kiertoliittymien käytöllä eri ympäristöissä. Pieniä kierto-
liittymiä käytetään usein taajamien yhdysväylillä, joissa on pienimmät nope-
usrajoitukset. Alhaiset nopeudet vaikuttavat loukkaantuneiden määrään
näissä liittymissä. Vastaavasti kompakteja kiertoliittymiä (d= 13-20m) käyte-
tään paljon taajamissa, joissa kevyttä liikennettä on enemmän verrattuna
taajamien reuna-alueisiin.

Kiertoliittymien liikennemäärät eivät juuri näytä vaikuttavan henkilövahinko-
onnettomuusasteeseen. Onnettomuusaste on kuitenkin keskimääräistä pie-
nempi, kun liikennemäärä on alle 3000 saapuvaa ajon./vrk (taulukko 32).

Taulukko 32 Liikennemäärän vaikutus onnettomuusasteeseen.



6.6 Ennen-jälkeen-tutkimus

6.6.1 Onnettomuuksien määrät

Ennen-jälkeen-tutkimuksessa tutkittiin 19 maanteillä sijaitsevaa kiertoliittymää. Tutkintakohteet jaoteltiin sen mukaan sijaitsivatko ne taajamissa, taajaman ulkopuolella vai olivatko ne ns. taajamaportteja. Ennen- ja jälkeen-jaksot olivat kolme vuotta, paitsi maaseutualueen kolmelle tutkitulle liittymälle, joille tutkintajakso oli 2 vuotta (taulukko 33 ja 34).

Taulukko 33 Onnettomuuksien määrät ennen ja jälkeen eri ympäristöissä.

Ympäristö	Ennen onn./laskentakausi	Jälkeen onn./laskentakausi	Laskenta kaudet
Maaseutu (3kpl)	8	0	2vuotta
Taajamaportti (4kpl)	12	8	3vuotta
Taajama (12kpl)	41	22	3vuotta
Kaikki	61	30	

Taulukko 34 Henkilövahinko-onnettomuuksien määrä ennen ja jälkeen eri ympäristöissä.

Ympäristö	Ennen onn./laskentakausi	Jälkeen onn./laskentakausi	Laskenta kaudet
Maaseutu (3kpl)	3	0	2vuotta
Taajamaportti (4kpl)	6	0	3vuotta
Taajama (12kpl)	13	4	3vuotta
Kaikki	22	4	

Jälkeen-jaksolla ei ollut tapahtunut taajamien ulkopuolella (maaseutu ja taajamaportti) yhtään henkilövahinkoon johtanutta onnettomuutta tutkituissa seitsemässä liittymässä (taulukko 35). Huomioitavaa on myös se, ettei maa-

seudun kolmessa tutkitussa liittymässä ollut tapahtunut yhtään poliisin tietoon tullutta omaisuusvahinko-onnettomuuttakaan.

6.6.2 Tilastollinen analyysi

Ennen-jälkeen-tutkimuksen tuloksia analysoitiin vertailuryhmän avulla. Vertailujoukko koottiin tavanomaisista tasoliittymistä. Jokaista muutettua kierto-liittymää kohti valittiin tiettyypeiltään, maankäytöltään ja liikennemääriltään vastaavankaltaisia tasoliittymiä, joiden liittymätyyppiä ei ollut muutettu tutkin-ta-aikana. Vertailuliittymissä oli tapahtunut yhteensä ennen-jaksolla 89 on-nettomuutta, joista hvj-onnettomuuksia oli 27. Jälkeen-jaksolla vertailuliitty-missä tapahtui 84 onnettomuutta, joista 25 oli hvj-onnettomuuksia.

Maaseudulla sijaitsevilla liittymissä ei tapahtunut onnettomuuksia tutkinta-ajan jälkeen-jaksona. Tämän johdosta taajamaporttien ja maaseutuliittymien aineistot yhdistettiin tässä analyysissä.

Huomattavaa on, että aineisto jäi varsin suppeaksi varsinkin hvj-onnetto-muuksien suhteen. Maaseudun kiertoliittymissä ja taajaportteina olleissa liit-tymissä ei tapahtunut jälkeen-jaksolla yhtään hvj-onnettomuutta. Taajamien-kin tutkituissa liittymissä tapahtui vain neljä henkilövahinkoon johtanutta on-nettomuutta.

Taulukko 35 Onnettomuusmäärien muutoksia kiertoliittymän käyttöönoton jälkeen eri ympäristöissä.

Ympäristö	Muutos Kaikki onn.	Muutos Hvj-onn.
Maaseutu ja taajamaportit (7kpl)	-59,3 %	n/a
Taajama (12kpl)	-38,9 %	-62,4 %
Kaikki	-47,9 %	-

Tutkituissa liittymissä kiertoliittymän käyttöönottoa seurasi 48 % onnetto-muuksien vähenemä (taulukko 35). Maaseudulla vähenemä oli selvästi suu-rempi kuin taajamissa. Suppea aineisto aiheutti sen, että tulokset ovat tilas-tollisesti merkitseviä 95 % luottamustasolla vain tutkittaessa kaikkia kiertoliit-tymiä yhdessä. Henkilövahinkoon johtaneita onnettomuuksia oli liian vähän luotettavan analyysin tekemiseksi.

Kiertoliittymiä toteutetaan myös usein liittymiin, jotka ovat olleet ns. onnetto-muuskasautumia. Tämä onnettomuuksien epätavallisen suuri määrä liitty-missä saattaa olla sattumaa. Tällaisten liittymien onnettomuusmäärät laski-sivat, vaikka mitään toimenpidettä ei tehtäisikään. Tätä ilmiötä kutsutaan on-nettomuuslukujen regressiovaikutukseksi, mutta sen vaikutusta ei ollut mah-dollista tässä aineistossa ottaa huomioon.

Liittymät olivat lisäksi valikoituneet tiettyihin tiepiireihin ainevahinko-onnettomuuksien puutteellisen tilastoinnin vuoksi Turun ja Uudenmaan tiepii-reissä ja liittymiin, jotka on rakennettu 2000-luvulla. Tätä aikaisemmin ra-kennetuista liittymistä ei ollut ennen-jaksolle saatavissa onnettomuuskuva-uksia.

7 VERTAILU

7.1 Vertailu Suomen aiempiin havaintoihin

Vuonna 2000 julkaistussa kiertoliittymien turvallisuutta tutkivassa julkaisussa tutkittiin kiertoliittymien onnettomuuksia 87 kiertoliittymässä, jotka oli rakennettu Suomen maanteille vuosina 1990–1997 (Tiehallinto 2000). Onnettomuustiedot perustuivat onnettomuuslomakkeisiin ja liikennemäärät tierekisterin tietoihin tai kuntien liikennelaskentoihin samoin kuin tässäkin tutkimuksessa. Tutkimuksen menetelmät olivat samat myös onnettomuuksien luokittelun osalta. Seuraavassa on vertailtu näiden kahden tutkimuksen tuloksia ja tutkittu kiertoliittymien turvallisuuden kehitystä.

Kiertoliittymien kaikkien onnettomuuksien onnettomuusaste oli vuoden 2000 tutkimuksessa 0,26 onnettomuutta/miljoona saapuvaa ajoneuvoa ja henkilövahinko-onnettomuusaste 0,04 hvj-onnettomuutta/miljoona saapuvaa ajoneuvoa (taulukko 36). Tulokset ovat samat kuin tässä tutkimuksessa maanteiden osalta. On tosin huomattava, että Uudenmaan tiepiiri ei kirjannut vuosina 1992–1996 ja Turun- sekä Uudenmaantiepiiri vuosina 1999–2000 pelkästään omaisuusvahinkoon johtaneita onnettomuuksia, joten aineistosta saattaa puuttua onnettomuuksia. Tosin kummastakin tiepiiristä oli tutkimusaineistossa mukana vain kaksi kiertoliittymää.

Taulukko 36 Onnettomuusasteen vertailua edellisiin tuloksiin.

	Maantiet				Kadut	
	-1998		2004-2006		2002-2006	
	Kaikki	Hvj.onn	Kaikki	Hvj.onn	Kaikki	Hvj.onn
Kaikki	0,26	0,04	0,26	0,04	0,23	0,04
1-kaistainen	0,25 ¹	0,04	0,23	0,04	0,21	0,04
2-kaistainen	0,34 ²	0,05	0,52	0,05	0,62	0,05

1) Onnettomuusasteet ovat yksikaistaisten ja kaksikaistaisten kiertoliittymien osalta virheellisesti v. 2000-julkaisussa

2) Aineistosta puuttuu mahdollisesti omaisuusvahinkoon johtaneita onnettomuuksia,

koska Uudenmaan tiepiiri ei kirjannut omaisuusvahinkoon johtaneita onnettomuuksia vuosina 1992-1994

Kolmihaaraisten kiertoliittymien onnettomuusaste oli vuoden 2000 tutkimuksessa 0,19 onnettomuutta/miljoona saapuvaa ajoneuvoa ja henkilövahinko-onnettomuusaste 0,07 hvj-onnettomuutta/miljoona saapuvaa ajoneuvoa. Tässä tutkimuksessa 3-haaraisten kiertoliittymien onnettomuusaste on 0,15 onnettomuutta/miljoona saapuvaa ajoneuvoa ja henkilövahinko-onnettomuusaste 0,03 hvj-onnettomuutta/miljoona saapuvaa ajoneuvoa (maantiet ja kunnat).

Taulukko 37 Maanteiden kiertoliittymien onnettomuustyyppijakauman kehitys.

Onnettomuustyyppi	-1998 Kaikki onn.	2004-2006 % -yks.	Muutos %-yks.	-1998 Hvj-onn.	2004-2006 % -yks.	Muutos %-yks.
1. Ajo liikennesaarekkeeseen saavuttaessa tai poistuttaessa	4,6 %	6,7 %	2,1	3,5 %	1,7 %	-1,7
2. Suistuminen	11,8 %	9,4 %	-2,4	10,3 %	5,2 %	-5,1
3. Törmäys kiertosaarekkeeseen	18,5 %	14,8 %	-3,7	27,6 %	12,1 %	-15,5
4. Kaatuminen	4,1 %	4,3 %	0,2	13,8 %	8,6 %	-5,2
5. Kylkikolari	1,5 %	4,0 %	2,5	0,0 %	0,0 %	0,0
6. Törmäys poistumisessa	0,5 %	0,3 %	-0,2	0,0 %	0,0 %	0,0
7. Peräänajo	14,9 %	10,0 %	-4,9	3,5 %	3,4 %	0,0
8. Törmäys kiertotilassa tulosuunnan kohdalla	26,7 %	22,9 %	-3,8	3,5 %	5,2 %	1,7
9. Törmäys kiertotilassa poistumissuunnan kohdalla	3,6 %	5,7 %	2,1	0,0 %	0,0 %	0,0
10. Polkupyörä- tai mopo-onnettomuus	7,7 %	11,1 %	3,4	34,5 %	46,6 %	12,1
11. Jalankulkijaonnettomuus	1,5 %	1,6 %	0,1	0,0 %	8,6 %	8,6
12. Muu onnettomuus	4,6 %	6,5 %	1,9	3,5 %	6,9 %	3,4
13. Onnettomuustyyppi ei tiedossa	0,0 %	2,7 %	2,7	0,0 %	1,7 %	1,7
Yhteensä	100,0 %	100,0 %		100,0 %	100,0 %	

Onnettomuustyyppijakauman vertailu maanteiden osalta on esitetty taulukossa 37. Kiertoliittymien onnettomuustyypeistä ovat suhteellisesti eniten vähentyneet peräänajot, törmäykset kiertosaarekkeeseen ja törmäykset kiertotilassa tulosuunnan kohdalla. Eniten ovat suhteellisesti lisääntyneet polkupyörä - ja mopo-onnettomuudet.

Henkilövahinko-onnettomuuksien osalta merkittävimmin ovat vähentyneet törmäykset kiertosaarekkeeseen (-15,5 prosenttiyksikköä), eli kiertosaarekettä päin ei ajeta enää yhtä usein eikä myöskään yhtä suurilla nopeuksilla. Henkilövahinko-onnettomuuksien osalta kevyen liikenteen ja jalankulkijoiden onnettomuudet ovat suhteellisesti lisääntyneet; polkupyörä- ja mopo-onnettomuudet 12,1 prosenttiyksikköä ja jalankulkijaonnettomuudet 8,6 prosenttiyksikköä.

Edellisessä tutkimuksessa kevyen liikenteen ja jalankulkijoiden suojatieonnettomuuksista suurempi osa oli tapahtunut auton lähtiessä kiertoliittymästä kuin auton tullessa kiertoliittymään. Tässä tutkimuksessa on huomattavissa samanlainen taipumus, joskin ero on tasoittunut.

Pimeään aikaan tapahtui aikaisemmassa tutkimuksessa 20 % kiertoliittymien henkilövahinko-onnettomuuksista, kun vastaava prosentti on tässä tutkimuksessa noin 33. Yleisimmät onnettomuustyytit eivät olleet muuttuneet, mutta törmäykset liikennesaarekkeisiin pimeällä ovat suhteellisesti lisääntyneet hieman.

Tienpinnan tilan mukaan luokiteltujen onnettomuuksien suhteen suurimmat muutokset ovat tapahtuneet onnettomuuksissa, jotka tapahtuivat jäisellä tiellä. Aikaisemmassa tutkimuksessa 21,6 % onnettomuuksista tapahtui jäisellä tiellä, kun tässä tutkimuksessa vastaava prosentti on 13,2. Märällä tiellä puolestaan tapahtui aikaisemmassa tutkimuksessa 16,4 % onnettomuuksista, tässä tutkimuksessa vastaava prosentti on 25,7. Liukkaiden keliolosuhteiden (tien pinta märkä, luminen, jäinen, sohjoinen) onnettomuuksista yleisimmät onnettomuustyytit ovat törmäyskiertotilassa tulosuunnan kohdalla ja törmäys kiertosaarekkeeseen eli samat molemmissa tutkimuksissa. Suistumisten osuus on hieman kasvanut.

Liikennemäärä ei selittänyt onnettomuusastetta kummassakaan tutkimuksessa. Kiertosaarekkeen halkaisijalla havaittiin olevan samantyyppinen vaikutus onnettomuusasteisiin molemmissa tutkimuksissa. Onnettomuusasteella on taipumus olla keskimääräistä pienempi kiertoliittymissä, joiden keskisaarekkeen halkaisija on välillä 13-20 m (vuoden 2000 tutkimuksessa 15-19,9 m halkaisija 0,21 onnettomuutta/milj. saapuvaa ajoneuvoa ja vuoden 2007 tutkimuksessa 13-20 m halkaisija 0,22 onnettomuutta/milj. saapuvaa ajoneuvoa). Onnettomuusasteella näyttää myös olevan taipumus kasvaa hieman kiertosaarekkeen halkaisijan kasvaessa 20 metristä ylöspäin.

Henkilövahinko-onnettomuusaste näyttää olevan keskimääräistä korkeampi kiertoliittymissä, joiden keskisaarekkeen halkaisija on välillä 13-20 m (vuoden 2000 tutkimuksessa välillä 15-19,9m 0,06 hvj-onn./milj. saapuvaa ajoneuvoa ja vuoden 2007 tutkimuksessa välillä 13-20m hvj-onnettomuusaste oli 0,05 hvj-onn./milj. saapuvaa ajoneuvoa). Henkilövahinko-onnettomuusaste on keskimääräistä suurempi myös keskisaarekkeen halkaisijan ylittäessä 30metriä.

7.2 Suomen tulosten vertailu muihin maihin

Onnettomuuksien tilastointi eroaa maakohtaisesti, mikä pitää huomioida tulosten kansainvälisessä vertailussa. Erilaiset onnettomuustietojen lähteet täytyy ottaa huomioon onnettomuustietojen kokonaispeittoja arvioitaessa.

Ruotsin onnettomuusmateriaali perustui poliisin tietoon tulleisiin onnettomuuksiin vuosilta 1994–1997. Tanskan onnettomuusmateriaali oli kerätty Tanskan tieinformaatio rekisteristä (Danish Road Information System VIS) vuosilta 1991–1996. Norjan onnettomuusmateriaali perustui poliisin tietoon tulleisiin onnettomuuksiin ja vakuutusyhtiöiden tietoihin.

Taulukko 38 Onnettomuusasteita Pohjoismaissa (onn./miljoona saapuvaa ajon.)

Kiertoliittymä	Suomi	Ruotsi	Norja	Tanska
3-haaraiset	0,15	0,12-0,14		0,12
4-haaraiset	0,24-0,28	0,16-0,25		0,15-0,19
5-haaraiset				0,14

Taulukko 39 Henkilövahinko-onnettomuusasteita Pohjoismaissa (onn./miljoona saapuvaa ajon.).

Kiertoliittymä	Suomi	Ruotsi	Norja	Tanska
3-haaraiset	0,03	0,02-0,04	0,03-0,1	0,04
4-haaraiset	0,04	0,04-0,08	0,05-0,1	0,05-0,06
5-haaraiset				0,04

Kaikkien onnettomuuksien onnettomuusasteet ovat Suomessa hieman korkeammalla tasolla kuin Ruotsissa ja Tanskassa (taulukko 38). Viisihaaraisten kiertoliittymien onnettomuusasteita on laskettu vain Tanskassa. Henkilövahinko-onnettomuusasteet vaihtelevat Pohjoismaissa lähes samoissa rajoissa tutkimuksesta riippuen (taulukko 39).

Onnettomuustyyppit on luokiteltu eri maiden tutkimuksissa eri tavalla ja niiden määrittely ei aina ole yksiselitteistä. Onnettomuustyyppijakaumaan vaikuttaa myös kaksikaistaisten kiertoliittymien osuus tutkituista liittymistä, koska näissä törmäykset poistumissuunnassa ja kylkikolarit ovat selvästi yleisempiä kuin yksikaistaisissa kiertoliittymissä.

Yleisin onnettomuustyyppi yksikaistaisissa kiertoliittymissä vaikuttaa kuitenkin olevan törmäys tulosuunnassa. Onnettomuuksista törmäyksiä kiertotilassa tulosuunnan kohdalla on Suomessa 23–28 %, peräänajoja 10–19 % sekä suistumisia ja törmäyksiä kiertoliittymän rakenteisiin yhteensä 20–30 %. Yleisimmät onnettomuustyyppien osuudet liikkuvat kansainvälisesti samoilla tasoilla (taulukko 40).

Taulukko 40 Onnettomuustyyppien yleisyys kiertoliittymissä eri maissa.

Yleisimmät onnettomuustyyppit	Suomi	Norja	Ranska	Usa
Törmäys tulosuunnassa	23-29 %	30 %	37 %	22-29
Peräänajo	10-19 %	20 %	9 %	30-31%
Suistumiset/törmäykset	20-30 %	27 %	30 %	7-30 %

Kevyen liikenteen onnettomuus on yleisin henkilövahinkoon johtanut onnettomuustyyppi kiertoliittymissä Suomessa. Suojateillä onnettomuuksista tapahtuu Suomessa hieman useampi auton poistuessa kiertoliittymästä kuin auton saapuessa sinne. Ero on pieni ja esimerkiksi Tanskassa pyöräilijät loukkaantuvat useimmiten auton saapuessa kiertoliittymään. Tosin Tanskassa on useassa kiertoliittymässä kevyen liikenteen järjestelyt hoidettu siten, että pyöräkaista kulkee kiertotilassa.

Kiertosaarekkeen koolla ei suomalaisissa liittymissä todettu olevan tilastollisesti merkitsevää vaikutusta onnettomuusasteeseen. Viitteitä saatiin tosin siitä, että kiertosaarekkeen kasvaessa kasvaa myös onnettomuusaste ja henkilövahinko-onnettomuusasteella on taipumusta olla keskimääräistä suurempi kiertosaarekkeen halkaisijan ollessa 13–20 m tai yli 30 m. Tätä tukee myös Räsänen ja Summalan (2000) johtopäätös, että taajamissa olevissa kiertoliittymissä on usein pyöräilijöiden kannalta liian pieni kiertosaareke (<20 m), jotta läpiajolinjan kaarresäde pysyisi tarpeeksi pienenä ja autoilijoiden käyttämät nopeudet pysyisivät näin riittävän alhaisina. Tanskassa kiertoliittymistä löytyi myös viitteitä kohonneeseen onnettomuusasteeseen kiertosaarekkeen ollessa yli 30 m (Jørgensen, Jørgensen 2002).

Suomessa tapahtuneista kiertosaarekkeeseen ja liikennesaarekkeisiin törmäyksistä valtaosa (74 %) tapahtuu maanteiden kiertoliittymissä pimeään aikaan. Myös Tanskassa, pimeydellä on todettu olevan merkittävää vaikutusta kiertoliittymäonnettomuuksiin (Jørgensen, Jørgensen 2002).

Alkoholionnettomuudet ovat yleisempiä suomalaisissa kiertoliittymissä kuin tavanomaisissa liittymissä. Maanteiden kiertoliittymäonnettomuuksista 15,4 % tilastoitiin alkoholionnettomuuksiksi, kun tavanomaisissa vertailuliittymissä vastaava luku oli 8,3 %. Samanlaisia havaintoja on myös tehty mm. Belgiassa, jossa maaseudun kiertoliittymissä 21 % tilastoitiin alkoholionnettomuuksiksi, niiden osuus koko tieliikenneonnettomuusaineistossa on 11 % (WMET 2003).

8 JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET

Kiertoliittymät ovat liittymätyyppinä turvallisia. Kiertoliittymät karsivat vakavimmat risteämis- ja kohtaamisonnettomuudet tehokkaasti pois ja vähentävät onnettomuuksien kokonaismäärää valtaosassa toteutettuja liittymiä.

Kiertoliittymien turvallisuus on parantunut Suomessa vain hieman liittymien yleistyessä. Etenkin seurauksiltaan lievät onnettomuudet ovat ajan myötä vähentyneet. Onnettomuusaste kaikkien onnettomuuksien osalta on pienentynyt maanteiden yksikaistaisissa kiertoliittymissä vuoden 2000 tutkimuksen 0,25:sta 0,23 onnettomuuteen/miljoona saapuvaa ajoneuvoa. Katuverkkojen yksikaistaisissa kiertoliittymissä on hieman maanteitä pienempi onnettomuusaste, 0,21 onnettomuutta/miljoona saapuvaa ajoneuvoa. Henkilövahinko-onnettomuusaste sen sijaan on pysynyt muuttumattomana ja on 0,04 hvj-onnettomuutta/miljoona saapuvaa ajoneuvoa.

Osaltaan onnettomuusasteen hienoista pienenemistä voidaan selittää kuljettajien "tottumisella" kiertoliittymien yleistyttyä niin katu- kuin maantieverkollakin. Kiertoliittymiin tottumista tukee onnettomuustyyppijakauman muutos edellisestä tutkimuksesta. Kiertosaarekkeeseen törmäyksien osuus kiertoliittymissä tapahtuneista henkilövahinko-onnettomuuksista on laskenut merkittävästi tieverkolla. Tämä tarkoittaa sitä, että kiertoliittymät tulevat yllätyksenä yhä harvemmalle kuljettajalle.

Kiertoliittymissä tapahtuvat yleisimmät onnettomuudet johtavat vain harvoin henkilövahinkoihin matalien nopeuksien vuoksi. Yleisimpiä onnettomuuksia kiertoliittymissä ovat törmäys kiertotilassa tulosuunnan kohdalla, törmäys kiertosaarekkeeseen ja peräänajo.

Havainnot onnettomuusaineistosta ja ulkomaisista tutkimuksista osoittavat pimeydellä olevan merkitystä kiertoliittymien turvallisuuteen. Valtaosa (74 %) Suomen maantieverkolla tapahtuneista törmäyksistä kiertoliittymän rakenteisiin (kiertosaareke tai liikennesaareke) tapahtuu pimeään aikaan. Maantieverkon kiertoliittymissä suistumisista puolestaan tapahtuu 70 % tienpinnan ollessa liukas.

Kiertoliittymien geometriasta löytyy viitteitä kohonneeseen riskiin joutua henkilövahinko-onnettomuuteen kiertoliittymissä, joissa läpiajolinjan kaarresäde on liian suuri. Liian suuren läpiajolinjan kaarresäteen aiheuttaa usein liian pieni kiertosaarekkeen halkaisija. Suuri läpiajolinjan kaarresäde aiheuttaa lähes suoran ajolinjan liittymän läpi ja siten suuremman nopeuden liittymään ajettaessa. Tämä lisää onnettomuusriskiä etenkin kevyen liikenteen osalta. Onnettomuusaineistosta tehdyt havainnot tukevat tätä käsitystä. Hvj-onnettomuusaste on keskimääräistä korkeampi kiertoliittymissä, joiden keskisaarekkeen halkaisija on 13–20 metriä. Tämän kokoisia kiertosaarekkeita käytetään eniten taajamien keskustissa, joissa pyöräilijöitä on enemmän kuin taajamien reuna-alueilla.

Kevyen liikenteen turvallisuus mielletään niin suomalaisten asiantuntijoiden kuin kansainvälisestikin kiertoliittymien suurimmaksi huolenaiheeksi ja kehitystarpeeksi. Yli puolet Suomen kiertoliittymissä loukkaantuneista on polkupyöräilijöitä, mopoilijoita tai jalankulkijoita. Suomen onnettomuustilastoista löydettiin viitteitä siitä, että kevyen liikenteen ja jalankulkijoiden suojatieonnettomuudet ovat hieman yleisempiä auton lähtiessä kiertotilasta kuin auton

saapuessaa kiertoliittymään. Pyöräilyn ohjaaminen kiertotilaan saattaa parantaa pyöräilijän havaittavuutta autoilijan silmissä, mutta Suomesta ja Ruotsista saatujen kokemusten mukaan tämä lisää kuitenkin pyöräilijän riskiä joutua onnettomuuteen.

Alkoholionnettomuudet ovat paljon yleisempiä kiertoliittymissä kuin tavanomaisissa liittymissä. Tämä saattaa johtua siitä, että alkoholin heikentämän ajokyvyn tuottama onnettomuusriskin lisääntyminen korostuu kiertoliittymissä.

Kaksikaistaisten kiertoliittymien onnettomuusasteet ovat suurempia kuin yksikaistaisten. Kaksikaistaisten kiertoliittymien onnettomuudet liittyvät useimmiten törmäyksiin poistuttaessa kiertotilasta. Kaksikaistaisissa suuremmat kiertosaarekkeet johtavat kohonneisiin nopeuksiin kiertotilassa, mikä kohottaa etenkin hvj-onnettomuusriskiä. Liian pienet kiertosaarekkeet aiheuttavat puolestaan ongelmia kiertotilassa kaistaa vaihdettaessa ja lisäävät kylkikolarin riskiä.

Kiertoliittymien käyttöönotto on alentanut onnettomuuksien määrää. Tavanomaisen liittymän muuttamista kiertoliittymäksi seurasi tutkituissa kohteissa noin 50 % onnettomuuksien määrän vähenemä. Henkilövahinkoonnettomuuksissa kiertoliittymän turvallisuusvaikutus on vielä tätäkin suurempi. Kuolemaan johtaneita onnettomuuksia tapahtuu kiertoliittymissä harvoin. Kiertoliittymän turvallisuusvaikutus on suurempi maaseudun suuremman nopeustason teillä kuin taajamissa.

Jatkossa tämän tyyppisten tutkimusten tarkkuutta parantaisi kattavampi liikenneonnettomuustilasto. Poliisille ilmoitetut onnettomuudet kattavat vain osan todellisuudessa tapahtuneista onnettomuuksista. Heikoin kattavuus on kevyen liikenteen yksittäisonnettomuuksissa ja onnettomuuksissa, joissa molemmat osapuolet ovat kevyttä liikennettä. Myös pelkästään ainevahinkoihin johtaneita lieviä onnettomuuksia sovitaan paikan päällä, ilman poliisia. Henkilövahinkoihin johtaneissa onnettomuuksissa poliisin tietoon tulleiden onnettomuuksien peitto on sen sijaan parempi.

Tutkimusten tarkkuutta parantaisivat myös kattavammat liikennelaskennat katuverkoilla. Suuressa osassa kiertoliittymiä yksi- tai useampi haara sijaitsee kuntien katuverkolla. Usein näiden haarojen liikennemäärätiedot ovat puutteellisia.

Kiertoliittymien turvallisuushyötyjen tarkempi arvioiminen kattavammalla onnettomuus- ja vertailuaineistolla tarvitsee lisätutkimusta. Nyt käytetty tilastollinen menetelmä ei ole paras mahdollinen ennen-jälkeen-tutkimuksen analyysiin, koska kiertoliittymiä on toteutettu onnettomuuslukujen valossa vaarallisimpiin risteyksiin. Tästä aiheutuvaa onnettomuuslukujen regressioilmiötä ei käytetyllä menetelmällä pystytä poistamaan. Matemaattisesti raskaampien menetelmien käyttö olisi vaatinut laajempaa vertailuaineistoa. Tulokset tältä osin ovatkin suuntaa antavia, mutta pohja jatkotutkimuksille saatiin.

Lisätutkimusta tarvitsee myös kevyen liikenteen ja moottoripyörien turvallisuus kiertoliittymissä, esimerkiksi konfliktitutkimusten avulla. Väistämisvelvollisuutta osoittavan merkin asettamista kiertoliittymistä poistuville ajoneuvoille tulisi harkita useampiin liittymiin kevyen liikenteen turvallisuuden parantamiseksi. Myös kiertoliittymien valaistuksen parantamisen ja tehokkaan liikkauden torjunnan hyötyjä tulisi tutkia.

9 LÄHDELUETTELO

Brabander B., Nuyts E., Vereeck L. (2005). Road safety effects of roundabouts in Flanders. Rapport RA-2005-63, Verkeersveiligheid.

Brilon W. (2005). Roundabouts : A State of the Art in Germany. National Roundabout Conference 2005.

Brüde U., Larsson J. (1999a). Trafiksäkerhet i cirkulationsplatser för cyklister och fotgängare. VTI meddelande 864 - 1999.

Brüde U., Larsson J. (1999b). Trafiksäkerhet i cirkulationsplatser avseende motorfordon. VTI meddelande 865 - 1999.

Brüde U., Vadeby A. (2006). Korsningsutforming - En kunskapöversikt. VTI Rapport 554.

Daniels S., Wets G. (2002). Traffic Safety Effects of Roundabouts: A Review with Emphasis on Bicyclist's Safety. Hasselt University, Transportation Research Institute.

Elvik R. (2002). Effects on road safety of converting intersections to roundabouts: A review of evidence from non-US studies. Institute of Transport Economics.

Federal Highway Administration FHWA (2000). An Informational Guide, Chapter 5 - Safety, Chapter 6 - Geometric design.

Guichet B. (2005). Evolution of Roundabouts in France and new uses. National Roundabout Conference 2005 DRAFT.

Hallberg G., Nowak M. (2003). Cyklisters säkerhet i cirkulationsplatser. Thesis 113 Lund Tekniska Högskola.

Hauer E. (2000). Observational Before- After Studies in Road Safety. Pergamon.

Inman V. W., Davis G W., Sauerburger D (2006). Pedestrian Access to Roundabouts: Assessment of Motorists' Yielding to Visually Impaired Pedestrians and Potential Treatments To Improve Access. Federal Highway Administration publication no. FHWA-HRT-05-080.

Innamaa S. Liimatainen A. (1995). Pyöräilijät kiertoliittymissä. Tielaitoksen sisäisiä julkaisuja 35/1995.

Jørgensen E., Jørgensen N.O. (2002). Trafiksikkerhed i rundkørsler i Danmark. En analyse af uheld i danske rundkørsler i årene 1991-1996. Rapport 235, Vejdirektoratet.

Liimatainen A., Pentti S.M. (2000). Kiertoliittymien turvallisuus. Tielaitoksen selvityksiä 25/2000.

Nambisan S., Parimi V. (2007) A Comparative Evaluation of the safety Performance of Roundabouts and Traditional Intersection Controls. ITE Journal March 2007. s. 18 - 25.

NHCRP (1998). Synthesis 264. Modern Roundabout Practice in the United States. Transportation Research Board.

Odberg T.A. (2000). Experiences with Roundabouts in the Vestfold Region, Accidents Traffic Behaviour and Geometric Design. VTI konferens 15A 2001.

Pasanen E. (2005). Kiertoliittymien turvallisuus. Helsingin kaupunki, Kaupunkisuunnitteluvirasto, Helsinki suunnittelee 8/2005.

Persaud N., Retting A., Garder P.E, Lord D. (2000). Crash Reductions Following Installation of Roundabouts in the United States. Insurance Institute for Highway Safety.

Rahman H. (2000). Raskaat ajoneuvot kiertoliittymissä. Tielaitoksen selvityksiä 12/2000.

Räsänen M., Summala H. (2000). Car Drivers' Adjustments to Cyclists at Roundabouts. Traffic Research Unit, Department of Psychology, University of Helsinki.

Spacek P. (2004). Basis on the Swiss Design Standard for Roundabouts. Transportation Research Record, Journal of the Transportation research board no. 1881. s. 27-35

Tiehallinto (2001). Tasoliittymät. Suunnitteluvaiheen ohjaus.

Tielaitos, Liikenneministeriö, Liikenneturva (1992). Liikenneturvallisuuden käsikirja.

Transportation Research Board (2007). Roundabouts in the United States NCHRP Report 572.

WMET (2003). The safety of roundabouts and traffic lights in Belgium. Walloon Ministry of Equipment and Transports, Department of Motorways and Highways. (2003). National Roundabout Conference 2005.

10 LIITTEET

- | | |
|----------|---|
| Liite 1 | Uudenmaan tiepiirin kiertoliittymät |
| Liite 2 | Turun tiepiirin kiertoliittymät |
| Liite 3 | Kaakkois-Suomen tiepiirin kiertoliittymät |
| Liite 4 | Hämeen tiepiirin kiertoliittymät |
| Liite 5 | Savo-Karjalan tiepiirin kiertoliittymät |
| Liite 6 | Keski-Suomen tiepiirin kiertoliittymät |
| Liite 7 | Vaasan tiepiirin kiertoliittymät |
| Liite 8 | Oulun tiepiirin kiertoliittymät |
| Liite 9 | Lapin tiepiirin kiertoliittymät |
| Liite 10 | Katuverkkojen tutkitut kiertoliittymät |

UUDENMAAN TIEPIIRIN KIERTOLIITTYMÄT

Kiertoliittymä	Sijainti Haara 1 / Haara 2 / Haara 3 / Haara 4 / Haara 5
Haaga	110 / 120 / 120 / Huopalahdentie / Eliel Saarisen tie
Hyrylä, eteläinen	45 / 45 / 145 / Kievarinportti
Hyrylä, pohjoinen	145 / 145 / 148 / Koskenmäentie
Nummela (3-haara)	11237 / 11238 / 11238 /
Kirkkonummi, Veikkola 1	110 / 110 / 1131 / 1131
Kirkkonummi, Veikkola 2	110 / 110 / 11233 / Kisapolku
Paijala	45 / 45 / 139 / Koskenmäentie

TURUN TIEPIIRIN KIERTOLIITTYMÄT

Kiertoliittymä	Sijainti Haara 1 / Haara 2 / Haara 3 / Haara 4
Parainen	180 / 180 / Vapparintie / Rantatie
Ulvilan keskusta	12877 / 2443 / 2443 / 2444
Piikkiö	12193 / 12193 / 12284 / 12284
Vehmaa	1953 / 12365 / 1950 / 1953
Kiertoliittymä Kauvatsantie	2470 / 2470 / 2471 / Teljänportti
Kiertoliittymä Haapionkatu	2471 / 2471 / Haapionkatu / Haapionkatu
Ulvilan kiertoliittymä	2440 / 2440 / 2442 / Selmantie
Ulvilan kiertoliittymä 3	2440 / 2440 / 12904 /
Noormarkku	23 / 23 / 2560 / 2701
Halikko	2241 / 2241 / 12212 /
Halikon keskusta	2241 / 2351 / 12210 / Lautamiehentie
Naantalın kiertoliittymä	1893 / 1893 / 12150 / 12150
Auran kiertoliittymä	222 / 224 / 224 / Savirannankuja
Maurun Pth.	230 / 230 / 12821 / Kirkonkyläntie
Nakkilan kiertoliittymä	2170 / 2170 / 12883 / Satakunnantie
Noormarkun keskusta	2555 / 2560 / 2560 / Kuurintie
Euran kiertoliittymä	12679 / 12679 / Filppulantie /
Rikalan kiertoliittymä	110 / 110 / 224 /
Nahkurintie	2443 / Friitalan ramppi 22062 / Lattomäentie / Yhdystie
Kustavintien kiertoliittymä	192 / 192 / Raisonkaari / Uusialhontie
Tammiston mth	1821 / 12157
Honkajoki	44 / 2700 /

KAAKKOIS-SUOMEN TIEPIIRIN KIERTOLIITYMÄT

Kiertoliittymä	Sijainti Haara 1 / Haara 2 / Haara 3 / Haara 4
Anttola KK	15145 / 15145 / Pajatie / Vanha pappilantie
Puruvedentie (Kerimäki)	15371 / 15371 / Perurvedentie / Perurvedentie
Parikkala	4015 / 4015 / 4017 / Harjukuja
Jaala (3-haara)	363 / 363 / 4164 /
Koria	359 / 359 / 364 / 364
Vuoksenhovi (Imatra)	160 / Kartanonkatu / 6-tien ramppi(24685) / Siitolankatu
Lappeentie(Joutseno)	14840 / 14841 / 14844 / Lappeentie
Sulkavantien kiertoliittymä(Juva)	14 / 14 / 434 / Kauraniementie
Yhdystien kiertoliittymä (3-haara)	14 / 14 / Yhdystie /
Imatrankoskentien kiertol.	62 / 62 / 397 / Imatrankoskentie
Mäntyharjun kiertoliittymä	368 / 368 / 381 / 4162
Kausalan taajama	360 / 360 / 14512 / Kauppakatu
Keltakankaan kiertoliittymä	353 / 353 / 14625 / Keltakankaantie
Joroisten kiertoliittymä	455 / 4557 /

HÄMEEN TIEPIIRIN KIERTOLIITTYMÄT

Kiertoliittymä	Sijainti Haara 1 / Haara 2 / Haara 3 / Haara 4
Lammi	317 / 317 / 3191 / 3191
VÄRPI	2813 / 2813 / 2814 / 13549
Katuma(Hämeenlinna)	10 / 10 / 290 / Katistentie
Kyröskoski Valtakatu1	3002 / 3002 / Hammareninkatu / Aisatie
Kyröskoski Valtakatu2	3002 / 3002 / Kirkkokatu / Torikatu
Kyröskoski Valtakatu3	3002 / 3002 / Kyrönkatu / 2761(Koskitie)
Katinen	10 / 10 / 3053 /
Orivesi Aihhtientie	58 / 58 / Aihhtiantie / Uotilantie
Hausjärvi	290 / 290 / 2892 / Kupparlammintie
Mallitie/Isolukontie	339 / 339 / Mallitie / Isolukontie
Pikonkangas	339 / 339 / 310 /
Järvelän keskusta	295 / 295 / 13872 / Kauppatie
H:Kyrö ESSO	3 / 3 / 249 / 3002
Alasentie	339 / 339 / Alasentie / Kyötikkäläntie
Kangasala 5, Lentolantie	339 / 339 / Lentolantie / Mämmisuontie
Tapiola	66 / 66 / 14362 / Siekkisentie
Härkikuja, keskusta	3 / 3 / Härkikuja / Härkikuja
Turenki keskusta	290 / 290 / 292 / 292
Kalvola	130 / 130 / 2853 / 2853
Mäntyveräjä(3-haara)(Kangasala)	3400 / 3400 / 3401 /
Markkala(Sysmä)	410 / 413 / 15040 / Uotintie
Keskusk/Hopunmäentie	347 / 347 / 14336 / 14337
Virtaintie/Ruovedentie	347 / 347 / 14338 / Virtaintie
Viljamaa	167 / 1691 / 11841 / 167
Orimattila, etelä	167 / 164 / 167 / Mustakorventie
Iittalan keskusta	2853 / 2853 / 13677 / Hallintotie
Havaslahti Länsi	3041 / 3041 / Teollisuustie / Teollisuustie
Holma, Savontie (2-kaist.)	140 / 140 / 24 / Johanneksenkatu
Palomäki, Kulju	130 / 130 / 13779 / Myllykoluntie
Kiikka, Keskusta	44 / 44 / Länsitie
Nokia, Kalkku	3 / 11 / 3 /
Punkalaitumen kiertoliittymä	230 / 230 / 232 / -
Sastamalank/Varikonk	252 / 252 / Asemakatu / Varikonkatu
Pakkaajankadun kiertoliittymä	347 / 347 / Pakkaajankatu / Kauppakatu
Sunttiontien kiertoliitt	44 / 44 / Suntiotie /
Heinola kko kiertoliitt	15007 / 15007 / 15008 / 15008
Matomäki	303 / 303 / 13737 / Keskuskatu
Ypäjä	2805 / 2812 / 2812 / Lepolantie
Viiala Etelä	303 / 303 / 3043 / 13735
Lotila pth	304 / 304 / 13953 / Tietotie
Urheiluopisto	4142 / 4142 / Koulutuskeskuksentie /
Lempäälä Katepalintie	3024 / 3024 / Katepalintie / Nokkatie
Lempäälä Lemponkatu	190 /
Mouhijärvi Häijää	11 / 11 / 249 / 249

SAVO-KARJALAN TIEPIIRIN KIERTOLIITYMÄT

Kiertoliittymä	Sijainti Haara 1 / Haara 2 / Haara 3 / Haara 4
Kiteen kiertoliittymä	486 / 486 / 487 / 4870
Lapinlahden kiertoliittymä	5646 / 5646 / 16250 / 16250
Koljonvirta	27 / 27 / 588 / (588)Koljonvirrantie
Koulutie	16425 / 16425 / Pisantie / Koulutie
Ylämylly	476 / 15641 / 15641 / Liperintie
Bomban kiertoliittymä	73 / 73 / 15911 / 45502
Timiträn kiertoliittymä	73 / 73 / 5251 / katu
Uimaharjun kiertoliittymä	73 / 73 / 513 / 5160
Kulhon kiertoliittymä	15717 / 15717 / 15698 / Kerolantie
Ilomantsin kiertoliittymä	74 / 74 / Kalevalantie / Kalevalantie
Koulukadun kiertoliittymä	73 / 73 / Energiatie / Koulukatu
Kiuruveden kiertoliittymä	561 / 561 / Niemistenkatu / Niemistenkatu
Hukanhaudan kiertoliittymä	5013 / 5013 / Niinivaarantie / Niinivaarantie
Juuka kiertoliittymä	506 / 506 / 508
Tenkakangas	486 / 494 / 4940 / 4941
Liikuntakeitaan kiertoliittymä	5775 /
Jäppiläntien kiertoliittymä	453 /
Häyriän kiertoliittymä	4557 /
Outokummun kiertoliittymä	504 /

KESKI-SUOMEN TIEPIIRIN KIERTOLIITTYMÄT

Kiertoliittymä	Sijainti Haara 1 / Haara 2 / Haara 3 / Haara 4
Kauppakatu	648 / 648 / Kauppakatu / Sivulantie
Kirkkoaukea	23 / 23 / 16511 / aseman pihalle
Sarvivuorentie	6110 / 6110 / Sarvivuorentie / uimarannalle
Keuruu	23 / 23 / 58 / 6044
Keskusta	16511 / 16511 / 16512 / Kantolantie
Seppola	56 / 56 / 6031 / 46515(Seppolantie)
Jämsänkoski	604 / 604 / 6040 / 6050
Riutta	636 / 58 / 58 / 16862
Karstulan keskusta	16862 / 16862 / Virastotie / Virastotie
Palokka	16711 / 16711 / Olavintie / terveyskeskus
Raivaajatie	16711 / 16711 / Raivaajantie
Koivutie	16711 / 16711 / Koivutie
Viitasaaren keskusta	16909 / 16911 / 16911 / Haapasaarentie
Tervalta	6018 / 16623 / Myllyjärventie / 6018(Länsipäijänteentie)
Keski-Palokka 2	16685 / 16689 / 16685 / 16689
Palokan keskus	16689 / 16689 / Sammontie
Jämsän kiertoliittymä	9 / 9 / 24 / 56
Vaajakoski (2-kaistainen)	4 / 4 / 638 / 16630
Vaajakoski, Kanavuori	4 / 9 / 4 /
Liikenneympyrä	6112 / Sulkulantie / Hämeenpohjantie
Vitikkala	6040 / 6040 / 46511 / Siltakatu
Asemakatu	6452 / 6452 / Asemakatu / Asemakatu
Vuojärvi	637 / 637 / Laukaantie / Vuojärventie
Palokanorsi I	16685 / 16685 / nelostien liittymä
Palokanorsi II	16685 / 16685 / Sammontie / nelostien liittymä
Kelhän kiertoliittymä	56 / 56 / Siltakatu / Siltakatu
Lentoaseman th	4 / 4 / 632 / yksityistie
Kylmälahdentie	16623 /
Petäjäveden kiertoliittymä	23 /

VAASAN TIEPIIRIN KIERTOLIITTYMÄT

Kiertoliittymä	Sijainti Haara 1 / Haara 2 / Haara 3 / Haara 4
Onnelan liittymä	17826 / 17826 / 17843 / Härmänraitti
Asematien kiertoliittymä	775 / 775 / 7591 / Tukkitie
Kaustinen kk:n liittymä	63 / 63 / 18047 / 18047
Kaustisen kiertoliittymä	63 / 63 / 13 / 13
Lappajärven kiertoliittymä	17814 / 17814 / 17815 / Kivikouluntie
Kivilösin kiertoliittymä	741 / 741 / 749 / 749
Ylistaro kk kiertoliittymä (3-haara)	17609 / 17609 / 17610
Peräseinäjoen kiertoliittymä	672 / 672 / 694 / 694
Kannaksen kiertoliittymä	741 / 741 / Kannaksentie / Kannaksentie
Kytömäen kiertoliittymä	749 / 749 / Kytömäentie / Kytömäentie
Ilomäen kiertoliittymä	725 / 725 / 723 / 17786
Vähäkyrön kiertoliittymä	717 / 717 / 718 / Savilahdentie
Kehätien liittymä	63 / 63 / Kehätie / Kehätie
Kivistöntien liittymä	18 / 18 / Kivistöntie / Mäkihakolantie
Kotirannan kiertoliittymä	8 / 8 / 724 / Kivihaantie
Arsin ringi	13 / 7520 / 17803 / 13
Vehmassuontie	13 / 13 / Vehmassuontie / Vanhainkodintie
Soini, kk kiertoliittymä	697 / 697 / 714 / 7140
Ilmajoen kiertoliittymä	701 / 701 / 17407 / 17407
Kruunupyyn kiertoliittymä	748 / 748 / 17959 / Langtögintie
Keskuskadun kiertoliittymä	7120 / 7120 / 7122 / Keskuskatu
Kauppakadun kiertoliittymä	7120 / 7120 / Kauppakatu / Hirsikankaantie
Hyypän kiertoliittymä	7574 / 7574 / 18011 / Kälviäntie
Kodesjärvi	664 / 664 / 13291 / yksityistie
Risön kiertoliittymä	715 / 715 / Tarhaajantie / Kiitokaari
Jänismaan kiertoliittymä	749 / 749 / 756 /

OULUN TIEPIIRIN KIERTOLIITTYMÄT

Kiertoliittymä	Sijainti
	Haara 1 / Haara 2 / Haara 3 / Haara 4
Koskela	800 / 800 / 18322 / 18322
Vaala	800 / 800 / 8791 / 8795
Haukipudas	847 / 847 / 18738 / 18739
Peuranpolku	76 / 900 / 912 / Peuranpolku
Kirkkotie	900 / 900 / Kirkkotie / Tervatie
Kuivasjärvi	18709 / 18709 / 18710 / 18710
Kitkantie	8690 / 8690 / Kitkantie / Kitkantie
Vesikari	18669 / 18669 / 18670
Pyhäsalmi 1	7706 / 7702 / 18471 / Asematie
Pyhäsalmi 2	7700 / 7700 / 7706 / Potilaspolku
Sievi	28 / 28 / 63 / 18234
Pidisjärvi	18342 / 18342 / Pidisjärventie / Pidisjärventie
Koskenniska	18330 / 18342 / 18342 / Vapaudentie
Keskustie/Seuratie	18342 / 18342 / Keskustie / Seuratie
Uimahallin kiertoliittymä	27 / 27 / Valtakatu / Salmiperäntie
Taanila	27 / 27 / 63 / 86
Hakalahti	86 / 86 / 7770 / 18213
Torangin kiertoliittymä	5 / 5 / 20 / 18857
Keskustie	22 / 22 / Keskustie / Muhostie
Ponkilantie	22 / 22 / Ponkilantie / Ratatie
Eteläkylän liittymä	8 / 8 / 18083 / 18084
Kalajoentien liittymä	8 / 8 / 7780 / 7781
Haaransillan liittymä	4 / 4 / 8 / 847
Kärsämäki, pohjoinen liittymä	4 / 4 / 28 / 28
Kärsämäki, eteläinen liittymä	4 / 4 / 58 / Junnontie
Kärsämäki, keskustan liittymä	4 / 4 / 18431 / Pomojentie
Kempeleen kiertoliittymä	816 / 847 / 847 / Asemantie
Mökkiperän kiertoliittymä	815 / 815 / Automaatitietie / Lentäjätie
Hailuodon kiertoliittymä	815 / 815 / 816 / 816
Kylänpuolen kiertoliittymä	815 / 815 / 18679 / Kylänpuolentie
Karhuojan kiertoliittymä	815 / 815 / 18676 / Karhunojantie
Kauppiaantien kiertoliittymä	18679 / 18679 / Kauppiaantie / Kirkkotie
Kempeleen keskustan kiertoliit	816 / 816 / 8154 / Niittyranrantie
Kalkan kiertoliittymä	8102 / 8102 / 18582 / 18582
Raitotien kiertoliittymä	847 / 847 / 18708 / Sahantie
Haminan kiertoliittymä	4 / 4 / 18755 / 18756
Alarannan kiertoliittymä	4 / 851 / 8513
Kello	8484 /
Kiviniementien kiertoliittymä	847 / 847 / 8484
Keskuskadun kiertoliittymä	847 /

LAPIN TIEPIIRIN KIERTOLIITTYMÄT

Kiertoliittymä	Sijainti Haara 1 / Haara 2 / Haara 3 / Haara 4
Sodankylä vt4/vt5 (3-haara)	4 / 4 / 5 /
Pohjoinen kiertoliittymä	4 / 4 / Jäämerentie /
Metsätien liittymä	4 / 4 / Metsätie /
Piiskuntien liittymä	4 / 4 / Piiskuntie / Kaamostie
Ivalo, vt4/kt91	4 / 4 / 91 / Sairaalandie
Röyttä	29 / 29 / 922 / 19526
Kittilä, Levin liittymä	79 / 79 / Hissitie / katu
Torpin kiertoliittymä	921 / 921 / 19526 / 19526
Iso-Ylläsjärven kiertoliittymä	9392 / 9401 /

KATUVERKKOJEN TUTKITUT KIERTOLIITTYMÄT

Sijainti
Haara 1 / Haara 2 / Haara 3 / Haara 4
Espoo
Finnoontie / Kuitinmäentie / Finnoontie / Martinsillantie
Matinkartanontie / Nelikkotie / Hauenkalliontie / Gräsanlaakso
Keilaniementie / Keilasatama / Keilaniementie /
Kirkkojärventie / Kirkkokatu / Kirkkojärventie /
Kolkekannaksentie / Träskendan puistotie / Lippajärventie /
Lähterannantie / Viherlaaksontie / Lähterannantie /
Matinkatu / Piispansilta / Matinkyläntie / Matinkatu
Olarinkatu / Komeetankatu / Piispansilta / Päivätie
Pohjantie / Ahertajantie / Pohjantie / Opintie
Suomenlahdentie / Tiistiläntie / Suomenlahdentie /
Suomenlahdentie / Markkinakatu / Suomenlahdentie /
Ylismäentie / Uuskartanontie / Ylismäentie /
Ikean sisäänajo

Sijainti
Haara 1 / Haara 2 / Haara 3 / Haara 4
Jyväskylä
Ahjokatu / Alasinkatu / Ahjokatu / Alasinkatu
Ahjokatu / tonttiliittymä / Ahjokatu / tonttiliittymä
Ahjokatu / tonttiliittymä / Ahjokatu / tonttiliittymä
Kylmälahdentie / Tonttiliittymä / Kylmälahdentie / Kejonrinne
Siltakatu / Suuruspäätie / Siltakatu / Survontie
Survontie / Kekkolan tie / Survontie / Iltarannatie
Vapaaherrantie / Ailakinkatu / Vapaaherrantie / tonttiliittymä
Vasarakatu / Alasinkatu / Vasarakatu / Pääskyntie
Vasarakatu / tonttiliittymä / Vasarakatu / Merasin
Vesangantie / Keihäsmiehenkatu / Vesangantie / Pyssymiehenkatu

Sijainti
Haara 1 / Haara 2 / Haara 3 / Haara 4
Riihimäki
Sakonkatu / Lopentie / Lopentie / Kulmalanpuistokatu
Paloheimonkatu / Et.Asemakatu / Rautatieasema / Rautatientori

Sijainti

Haara 1 / Haara 2 / Haara 3 / Haara 4

Helsinki

Kanneltie / 3 tien ramppi / Kanneltie / Runonlaulajantie
Leikosaarentie / Aurinkolahden puistotie / Leikosaarentie / Kahvikatu
Leikosaarentie / Aurinkotuulenkatu / Solvikinkatu / Sumukuja
Leikosaarentie / Gustav Pauligin katu / Leikosaarentie / Gustav Pauligin katu
Isonevantie / Haagan urheilutie / Isonevantie / Hirsipadontie
Kuusmiehentie / Haastemiehentie / Pykälätie / Kuusmiehentie
Puistolantie / Heikinlaaksontie / Puistolanraitti / katu
Mustakivenkatu / Iiluodontie / Valkopaadentie
Eliel Saarisen tie / Ilkantie / Aino Ackten tie
Niinisaarentie / Kallvikintie / Niinisaarentie
Kehä I Ramppi / Kantelettarentie
Tapaninvainiontie / Kirkonkyläntie / Tapaninvainiontie / Kirkonkyläntie
Kontulankaari / Kontulankaari / Linnoittajantie
Vuotie / Laivanrakentajantie / Vuotie
Kaupintie / Laurinniityntie / Kaupintie
Mekaanikonkatu / Muuntajakatu / Mekaanikonkatu / Muuntajakatu
Käskynhaltijantie / Norrtäljentie / Käskynhaltijantie / Hirsipadontie
Kantelettarentie / Pelimannitie / Kantelettarentie
Kanneltie / Perhekunnantie / Esikoisentie
Viikintie / Pihlajamäentie / Viikintie
Kaupintie / Pitäjämäentie / Pitäjämäentie / Korsupolku
Niinisaarentie / Porslahdentie / Laivarakentajantie
Tapaninvainiontie / Pukinmäenkaari / Tapaninvainiontie / Simpukkakuja
Asemapäällikönkatu / Ratamestarinkatu / Asemapäällikönkatu / Ratamestarinkatu
Koirasaarentie / Reiherinkatu / Koirasaarentie / Reiherinkatu
Kuvernööritie / Reposalmentie / Kuvernööritie / Reposalmentie
Malminrinne / Runeberginkatu / Malminrinne / Runeberginkatu
Salomonkatu / Runeberginkatu / Salomonkatu / Runeberginkatu
Vanha Porvoontie / Suurmetsäntie / Tattarinharjuntie / Vanha Porvoontie
Suutarilantie / Tapaninkyläntie / Tapanilantie / Tapaninkyläntie
Heikinlaaksontie / V Porvoontie / Kääpätie / V Porvoontie
Kaupintie / Vaakatie / Kaupintie
Kotinummentie / Vanha Tapanilantie / Kotinummentie / Vanha Tapanilantie
Meripuistotie / Vattuniemenkatu / Heikkiläntie / Tallbergin puistotie
Viikintie / Viikinkaari / Viikintie / Viikinkaari
Vanha Tuusulantie / Yhdyskunnantie / Tuusulantien ulostulo / Yhdyskunnantie
Yläkaskentie / Yläkaskentie / Kytöpolku

Sijainti
Haara 1 / Haara 2 / Haara 3 / Haara 4
Vantaa
Lentoasemantie / Ylästöntie / Hagelstamintie / Ylästöntie
Hagelstamintie / Lähettiläntie / Hagelstamintie
Muuntotie / Ylästöntie / Hagelstamintie / Ylästöntie
Hanabölenie / Peijaksentie / Hanabölenie / Peijaksentie
Hämeenkylläntie / Veitsitie / Hämeenkylläntie
Hämeenkylläntie / Viisaritie / Hämeenkylläntie
Uranuksentie / Pihkalantie / Kaakkoisväylä
Pehtoorintie / Pehtoorintie / Keikarinkuja
Riipiläntie / Riipiläntie / Kenraalintie
Urpiaisentie / Urpiaisentie / Kotkankaula
Martinlaaksontie / Louhelantie / Martinlaaksontie
Niittytie / Kuriiritie / Niittytie / Kuriiritie
Pakkalantie / Tikkurilantie / Pakkalantie / Tikkurilantie
Kallikalliontie / Jokiniementie / Porttisuontie / Jokiniementie
Sokkakakuja / Teknobulevardi / Sokkakuja
Suometsäntie / Suometsänkuja / Suometsäntie
Valimotie / Valimotie / Tasetie
Hagelstamintie / Hagelstamintie / Tilkuntie /
Urpiaisentie / Peltomyyränkuja / Urpiaisentie / Kotkansipi
Vantaanlaaksontie / Vaskivuorentie / Vantaanlaaksontie / Vaskivuorentie
Vantaanportinkatu / Vantaanportinkatu /
Vantaanportinkatu / Vantaanportinkatu /

Sijainti
Haara 1 / Haara 2 / Haara 3 / Haara 4
Varkaus
Jäppiläntie / Käpykankaantie / Jäppiläntie / Hasintie ¹
Relanderinkatu / Kiertotie / Valssikuja / Kiertotie

¹ Vaihnutut Tiehallinnon hallintaan

Sijainti
Haara 1 / Haara 2 / Haara 3 / Haara 4
Kouvola
Kotkankalliontie / Suomenkatu / Kotkankalliontie
Kotkankalliontie / Myllypurontie / Tunnelikatu
Kauppalankatu / Valkealantie / Ahlmannintie / Tapiotie

ISSN 1457-9871
ISBN 978-952-221-028-9
TIEH 3201089